

Analyse économique de l'arbitrage entre brevet et secret

Thèse de Doctorat (NR) en Sciences Economiques
Présentée et soutenue publiquement par

Cora - Lyne SOLER

Le 4 janvier 2001

JURY Jean-Louis RULLIERE, Professeur à l'Université Lumière-Lyon 2, Directeur de thèse Laurent FLOCHEL, Professeur à l'Université Lumière-Lyon 2 Bernard FRANCK, Professeur à l'Université de Caen, Rapporteur Pierre MOHNEN, Professeur à l'Université du Québec A Montréal, Canada Alban RICHARD, Professeur à l'Université de Grenoble II, Rapporteur Murat YILDIZOGLU, Professeur à l'Université de Bordeaux IV

Table des matières

Introduction générale . .	1
Chapitre Liminaire : La détention du brevet d'invention : un investissement stratégique particulier .	11
Introduction .	11
1. La détention du brevet .	13
1.1 La décision d'investissement en R&D .	13
1.2 La décision d'investissement en propriété privée .	19
1.3 La décision d'investissement en protection industrielle . .	30
2. L'investissement en protection privée : un investissement stratégique spécifique . .	38
2.1 L'ε-préemption . .	39
2.2. La préemption complète . .	45
Conclusion du chapitre liminaire . .	53
Chapitre 1 : Modèles de renouvellement et Décisions d'investissement en propriété industrielle .	55
Introduction .	55
1. Valeur privée du brevet et valeur des opportunités . .	57
1.1. Les flux courants d'exploitation . .	57
1.2 Les opportunités de valorisation du brevet .	59
2. Valeur du projet et décision d'investissement . .	69
2.1 Le cadre de référence .	69
2.2 Décisions d'investissement et étendue des revendications . .	70
2.3 Décision d'investissement et licences d'exploitation .	77
Conclusion .	81
Chapitre 2 : Décisions de renouvellement du brevet et Lutte anti-contrefaçon . .	83
Introduction .	83
1. Imitation et détection . .	85
1.1 L'impact de l'imitation sur les décisions de renouvellement du brevet .	85

1.2 Détection de contrefaçons et décisions de renouvellement .	88
2. Imitation et action en justice .	92
2.1 Action en justice, gain de cause et jugement immédiat . .	92
2.2. Action en justice, gain de cause et jugement différé .	96
2.3 Action en justice déboutée . .	99
Conclusion .	102
Chapitre 3 : Course à l'innovation et/ou à l'amélioration et Efficacité du système des brevets . .	105
Introduction .	105
1. Efficacité statique du système des brevets . .	106
1.1 Présentation du modèle . .	106
1.2 Frontière des possibilités d'entrée et zones d'influence stratégique .	123
2. L'efficacité dynamique du système des brevets .	131
2.1 Les hypothèses du modèle .	131
2.2. Fonction de profits espérés escomptés .	132
2.3. Le choix d'un mode de protection . .	137
Conclusion .	143
Conclusion générale .	145
Annexes . .	149
ANNEXE 1 : La théorie de la valeur d'option .	149
Annexe 1.1. : Les traditions de la théorie de la valeur d'option . .	149
ANNEXE 1.2. : Les processus stochastiques et lemme de Ito .	152
ANNEXE 2 : La théorie des options réelles .	154
Annexe 2.1. : L'analyse du risque des décisions d'investissement . .	154
Annexe 2.2. : Les principaux modèles d'investissement en incertitude . .	155
ANNEXE 3 : L'efficacité statique du système des brevets .	170
Annexe 3.1. : L'efficacité statique du système des brevets . .	170
Annexe 3.2. : La valeur d'option séquentielle de Llerena [1985] . .	177
Glossaire . .	183

Introduction générale

Confrontée à la mondialisation des marchés et des standards, la propriété industrielle propose un ensemble d'outils (brevet d'invention, licences, droits d'auteurs, marque) permettant de protéger et de valoriser les actifs incorporels de l'entreprise. Elle fournit un dispositif juridique de protection se composant d'un dispositif de textes législatifs nationaux (sources internes) et textes internationaux (sources externes).

Les principales sources juridiques internes sont la loi du 5 juillet 1844 (premier texte français relatifs aux brevets) en vigueur jusqu'à la loi n°68-1 du 2 janvier 1968 ayant pour finalité, d'une part, de valoriser l'activité inventive et, d'autre part, de modifier le régime des brevets¹. Abrogé par la loi n° 92-597 du 1^{er} juillet 1992, l'ensemble de ces textes est dorénavant inséré dans le Code de la propriété intellectuelle. Cette évolution du cadre réglementaire est la conséquence du développement industriel des états et des échanges. Aussi, la nécessité de développer une coordination entre les systèmes nationaux et d'instituer des procédures permettant de protéger par une formalité unique l'innovation dans plusieurs pays émergea.

Le Traité de Coopération en matière de brevet (PCT *Patent Cooperation Treaty*) défini par la convention de Washington du 13 juin 1970 pour les demandes internationales offre la faculté de procéder à une demande internationale produisant les effets d'une demande nationale dans les pays désignés. Cette coopération en matière de dépôt,

¹ Ce texte fut ensuite modifié trois fois. La première révision date de 1978 (loi n° 78-742 du 13 juillet 1978), la seconde de 1984 (loi n°84-500 du 27 juin 1984) et enfin la troisième de 1990 (loi n° 90-510 du 25 juin 1990).

recherche et examen des demandes est introduite en France dans le Code de la propriété intellectuelle (Art. L. 614-17 à L. 614-24 et R. 614-21 à R. 614-35). De plus, cette procédure de délivrance internationale se complète d'une procédure de délivrance européenne définie par la convention de Munich du 5 octobre 1973².

Le Code de la propriété intellectuelle français est, semble-t-il, l'un des plus clairs et des mieux adaptés au monde. Ce cadre réglementaire incite-t-il les entreprises françaises à utiliser le système de propriété industrielle ?

Seulement 42% des entreprises industrielles françaises utilisent la protection qu'accordent les droits de propriété intellectuelle. Un quart de ces firmes utiliseront le brevet d'invention comme mode de protection industrielle. Les principaux secteurs déposant des brevets sont l'industrie automobile (48,5%), la construction navale aéronautique et ferroviaire (48%), la chimie, le caoutchouc et les plastiques (47,8%) ainsi que les équipements électriques et électroniques (41,4%). L'utilisation du système des brevets diffère cependant selon les voies de dépôt et l'origine des déposants.

Les demandes de brevets internationaux augmentent de 9,4% en 1999 après un pic de 33% en 1998 dû notamment à une modification du régime des taxes. Les demandes de brevets européens augmentent de 10% entre 1998 et 1999. Cette hausse conjointe des demandes internationales et européennes s'explique par la structure des portefeuilles de droits de propriété industrielle des entreprises françaises. En effet, celle-ci est construite en « poupées gigognes » étant donné que les entreprises ayant déposé un brevet européen ont à 99,8% déposés auparavant un brevet français ; celles ayant déposé un brevet aux Etats-Unis l'ont fait en Europe et en France (François-Lehoucq [1998]). Les dépôts de brevet en France par les entreprises françaises sont en hausse de 5,3% par rapport à 1998 (Tableau de bord de l'innovation [2000]). Pour quelles raisons ce nombre de dépôts émanant des firmes françaises a-t-il augmenté ?

Deux raisons peuvent être avancées pour justifier cette évolution. Cette hausse de 5,3% en 1999 serait induite :

• Par le caractère aléatoire des découvertes. Ainsi, de nombreuses innovations auraient été mises au point en même temps,

• Par la prise de conscience des PME-PMI de la valeur économique des brevets. Cette dernière dépend de la rentabilisation du titre, de la capacité des firmes à faire valoir leurs droits de brevets ainsi que des opportunités offertes par le titre.

Le brevet d'invention a pour finalité première d'offrir à son détenteur une rente de situation. En fonction de son importance, celle-ci peut favoriser le développement industriel de la firme ou lui permettre d'établir une envergure mondiale. Ainsi, les brevets de Georges Claude sur la liquéfaction et la distillation fractionnée de l'air, de Sainte-Claire Deville sur le traitement de la bauxite et Paul Héroult sur l'électrolyse de l'alumine ont

² Cette dernière a été introduite en France par la loi n° 77-683 du 30 juin 1977 et complétée par le décret n° 78-1101 du 10 octobre 1978, devenus respectivement Art. L. 614-1 à L. 614-16 et Art. R. 614-1 à R. 614-20.

permis à Air Liquide ou Pechiney d'acquérir une position mondiale (Foyer-Vivant [1990]). Le brevet d'invention est alors la contrepartie de la rentabilisation de l'innovation.

De plus, le brevet est à la base d'une action préventive³ à savoir la défense des droits de propriété industrielle puisqu'il offre à l'innovateur la possibilité de poursuivre en contrefaçon celui qu'il estime être l'auteur du délit. Doivent alors être mises en oeuvre des méthodes de surveillance du respect des droits privatifs. De plus, agir aujourd'hui en contrefaçon peut avoir des conséquences demain. En effet, certains concurrents seront moins incités à introduire sur le marché des imitations si la firme a auparavant assigné d'autres contrefacteurs en jugement et a obtenu gain de cause. Le brevet d'invention est dans ce cadre un instrument de défense des droits du breveté ; il offre à son détenteur l'opportunité de se forger une réputation.

Il lui permet également d'asseoir une image et/ou de dégager des marges. Par exemple, dans le secteur pharmaceutique, la commercialisation des médicaments génériques⁴ est confrontée à deux problèmes majeurs : la notoriété acquise par ceux princeps et les habitudes des consommateurs. L'innovateur d'une molécule protégée par un brevet peut alors, à la déchéance de ce dernier, glisser vers une protection en terme de marque et limiter l'érosion de ses profits (Crampes [1999]). Dans ce cas, la rentabilisation du titre est différée.

La détention du titre de propriété industrielle répond à deux logiques :

Une logique de rentabilisation des fonds investis en R&D courante et/ou future,

Une logique de prévention puisque le principal objectif du dépôt de brevet est, pour 93% des firmes déposantes, de dissuader l'entrée.

Or, malgré les avantages offerts par le titre de propriété, seulement 57% des firmes déposantes déclarent avoir utilisé le brevet pour moins de 20% de leurs produits nouveaux. Le recours systématique au brevet ne concerne que 8% des firmes dans le cas des produits et 6% dans le cas des procédés (Bussy *et al* [1994]). Pour quelles raisons les entreprises françaises ont-elles faiblement recours à ce système de protection ? Trois éléments de réponse peuvent être avancés : le premier tient dans les obstacles à l'innovation, le second dans les imperfections du système des brevets, le troisième dans l'existence d'un effet taille.

Mener à bien des activités de recherche est pour les entreprises souvent difficile. En effet, 60% des firmes innovantes ont été amenées à retarder certains projets, près d'une sur trois en a abandonné un et plus d'une sur quatre a renoncé devant les difficultés

³ La prévention consiste à anticiper, à prendre les mesures afin d'éviter objectivement un risque ou au moins en réduire les dommages.

⁴ « On entend par spécialité générique d'une autre spécialité, une spécialité qui a la même composition qualitative et quantitative en principes actifs, la même forme pharmaceutique, et dont la bioéquivalence avec l'autre spécialité a été démontrée par des études appropriées de biodisponibilité », Ordonnance du 24 avril 1996, article L. 601-6.

(François-Favre [1998]). Parmi les raisons avancées figurent :

- Les risques économiques encourus par les firmes tels que leur disparition ou la perte de contrôle,

- Les coûts croissants de l'innovation en raison de la plus grande complexité des technologies,

- Les obstacles au financement malgré des mesures visant l'encouragement du développement du capital-risque (loi de finances pour 1998), le crédit d'impôt recherche etc.

La faible propension à breveter une innovation résulterait également des mécontentements que suscite le système des brevets. En effet, selon 57% des entreprises innovantes, le brevet n'est pas un instrument efficace de protection contre l'imitation ; les coûts de dépôt et d'entretien seraient un obstacle pour 43% des firmes⁵. De plus, 39% des entreprises le jugent trop coûteux à défendre comparativement aux indemnisations pouvant être perçues. Et enfin, 38% des firmes estiment que le brevet divulgue trop d'informations technologiques. Cependant, les sources d'informations publiques des instituts de propriétés industrielles sont les moins utilisées⁶ ; par conséquent, la divulgation des informations technologiques ne peut justifier pleinement la faible utilisation de ce système de protection. Il semble donc que les principaux obstacles au dépôt de brevet résultant de l'imperfection du système des brevets soient, d'une part, l'imitation et ses conséquences et, d'autre part, l'importance des coûts d'entretien, de dépôt et de protection technologique.

Les entrepreneurs individuels et les petites entreprises sont pénalisés puisque sur 13 251 brevets déposés en 1998 par des ressortissants français, 9 801 demandes émanent de personnes morales, 3 544 de personnes physiques, soit une diminution de 5,9% par rapport à 1997. Ainsi, la propension à breveter dépend de la taille de l'entreprise. Ce défaut d'utilisation du système des brevets est d'autant plus fort que l'entreprise emploie moins de cent salariés. En effet, si 85% des entreprises de plus de deux mille personnes déposent des brevets, seulement 26% de celles employant entre vingt et cinquante personnes le font. Cette faible propension à breveter résulte-t-elle d'un manque de compétence pour innover ?

Si la détention de compétence augmente avec la taille de l'entreprise, les compétences techniques pour innover semblent les plus importantes pour les petites et les grandes firmes ; les compétences organisationnelles (mise en oeuvre de l'innovation) seraient plus adaptées aux moyennes entreprises (Munier [1999]). Puisque les

⁵ Pour une PME européenne, le coût d'obtention d'un brevet est évalué à 160 000 FRF en moyenne ; ce coût serait dix fois plus élevé que celui subi par un innovateur américain.

⁶ Les entreprises utilisent le plus fréquemment les informations acquises lors des foires, des expositions et/ou auprès des clients.

compétences techniques ne font pas défaut aux petites entités, ce moindre engagement en propriété industrielle résulte-t-il d'une faible propension à innover ? La propension à innover des PMI est estimée à 40% alors que celle des entreprises de plus de cinq cents salariés est de 85,3%. Seulement un tiers des petites entreprises de vingt à quarante neuf salariés innove alors que ce taux représente 95% pour celles de plus de deux mille personnes (François-Favre [1998]). La moindre propension à breveter des petites entreprises s'explique par :

- un manque d'informations sur le système des brevets. Par exemple, l'instruction est, trois ans après la demande de dépôt, encore en cours dans 16% des cas pour ces inventeurs indépendants contre 6% pour les personnes morales⁷.

- le coût de la protection ; ce coût serait évalué à 160 000 FRF en moyenne pour une PME européenne, soit dix fois plus que celui supporté par un innovateur américain.

- La nature des innovations ; dans la mesure où les innovations des PME sont généralement incrémentales, ces firmes doivent multiplier les dépôts de brevets. Les coûts de protection s'en trouvent alors accrus.

Pour contrer ces inconvénients, l'innovateur peut choisir comme mode de protection le système de droit commun à savoir le secret. Jugé plus efficace pour les innovations de procédé, il est principalement utilisé dans l'industrie parachimique, l'imprimerie, la presse et l'édition. Il empêche la diffusion à l'extérieur d'informations contenues dans la demande de brevet, permet de protéger l'innovation pour une durée infinie⁸ et rend, dans le cas d'une innovation de procédé, l'imitation plus difficile. En outre, un peu moins de 30% des firmes avouent avoir différé le dépôt de leur brevet afin de bénéficier d'une avancée technologique importante ; ce taux s'élève à 37% pour les innovations de procédé. Maintenir l'innovation quelques temps secrète permet à la firme innovante de l'améliorer c'est-à-dire de mettre au point une innovation dotée d'un degré de sophistication plus élevé.

Le problème de décision relatif au choix d'un mode de protection tient dans l'arbitrage entre deux options :

- breveter l'innovation. Sachant que le brevet est accordé au premier déposant⁹, la firme a une forte incitation à précéder ses concurrents. Cette stratégie de prévention lui permet de recouvrer les fonds investis en R&D et d'exclure un tiers de l'exploitation de

⁷ À l'origine de cette situation se trouvent d'une part le fait que les demandes de brevets sont soumises à un examen de nouveauté et de nouveauté industrielle, ce qui entraîne des coûts de procédure et de contradiction, et d'autre part le fait que les demandes de brevets sont soumises à un examen de nouveauté et de nouveauté industrielle, ce qui entraîne des coûts de procédure et de contradiction.

⁸ En France, la durée maximale de protection est de vingt ans ; elle est de dix sept ans aux Etats-Unis.

⁹ Le mode d'attribution au premier déposant (*first to file*) a pour avantages la simplicité et l'assurance d'une protection pour les petites inventions ; son inconvénient majeur est la multiplication des dépôts de brevet. Le mode d'attribution au premier inventeur (*first to invent*), en vigueur notamment aux USA, a pour avantage d'accroître la durée de protection, l'exigence de nouveauté et le pouvoir de monopole conféré à son titulaire. Il favorise le contentieux et entrave la diffusion rapide de l'information

la technologie.

conserver l'innovation secrète Cette stratégie lui permet d'acquérir des connaissances par recherche interne sur la nature intrinsèque du bien (caractère améliorable ou non de l'innovation), sur les actions des autres agents (engagement ou non des autres acteurs) ou sur les technologies (profitabilité de l'innovation).

Déterminer la date de dépôt devient donc un enjeu majeur. En effet, l'innovateur ne doit pas breveter son innovation trop tôt puisqu'il risque de protéger une innovation non rentable. L'INPI estime que sur 100 brevets entretenus, un seul rapporte beaucoup, neuf produisent des revenus, vingt couvrent les frais et soixante dix coûtent de l'argent. Cette non rentabilité proviendrait de la faiblesse des rentes économiques qui ne représenteraient que 5 à 10% des dépenses de R&D pharmaceutique et chimique et 15 à 35% pour la mécanique et l'électronique. Ainsi, 75% des rendements privés de la recherche proviennent de sources autres que le brevet (Schankerman [1998]). De plus, la date de protection ne doit pas être trop tardive puisqu'un concurrent engagé dans un même axe de recherche peut devancer la firme en place en brevetant avant la technologie.

Le choix de la date de dépôt se déduit de la valeur économique du brevet à savoir de l'estimation des bénéfices et applications découlant de l'innovation. Or ces estimations peuvent être erronées. Les expérimentations (recherche interne) menées au cours des premières années de détention du titre corrige ces erreurs d'évaluation et conduisent les innovateurs à suspendre la protection plus vite puisque 50% des brevets sont déchus après dix années de protection (Schankerman [1998]). Ainsi, breveter l'innovation à une date inappropriée peut avoir des conséquences sur la durée.

Sachant que le système des brevets incite les innovateurs à déposer leur demande le plus tôt possible, la décision de breveter une innovation peut être considérée comme une décision immédiate. En revanche, conserver l'innovation secrète est une décision différée puisqu'il est toujours possible pour la firme de breveter son innovation à condition qu'un concurrent engagé dans le même axe de recherche ne l'ait pas fait avant. Dans ce cadre, le problème de décision de l'innovateur tient dans l'arbitrage entre une décision immédiate et une décision différée. Toutefois, cet arbitrage est complexe puisque si le dépôt de brevet est facilement identifiable, le choix du secret l'est beaucoup moins. En effet, ne pas breveter une innovation peut provenir, soit d'un défaut d'innovation, soit du choix volontaire de conserver au moins temporairement l'innovation secrète. Aussi, le secret sera choisi dès lors que l'innovateur dispose d'une incitation à retarder sa date de dépôt.

La problématique générale de la thèse peut alors être formulée de la façon suivante : *le système des brevets fournit-il aux innovateurs les motivations suffisantes à sa propre utilisation ?* Les motivations des firmes sont dites suffisantes dès lors que le système des brevets devient le mode de protection systématiquement utilisé. Cette thèse se propose d'analyser l'arbitrage du décideur entre les deux modes de protection qui lui sont

¹⁰ La préemption par les brevets désigne la faculté que détient un innovateur de breveter en premier son innovation

proposés à savoir le brevet et le secret.

Conserver secrète une innovation au moins temporairement s'apparente à un *effet irréversibilité*. Celui-ci stipule que l'agent, pour contraindre au minimum ses choix futurs, optera à la première période pour la décision la plus flexible¹¹. Choisir de conserver l'innovation secrète lui permet de l'améliorer afin, soit de breveter une innovation qui sera difficilement imitable, soit de disposer d'une avance technologique. La théorie de la décision appréhende l'*effet irréversibilité* au travers du concept de valeur d'option¹² à savoir le regret d'avoir choisi à tort de breveter l'innovation à la première période. De plus, le système des brevets offre à l'innovateur la possibilité d'exclure un tiers de l'exploitation de son innovation. Or l'influence d'une décision sur le comportement d'un ou de plusieurs concurrent caractérise l'*effet stratégique*. Aussi, étudier l'arbitrage de l'innovateur entre brevet et secret revient à déterminer quel est, des *effets irréversibilité* et *stratégique*, l'effet dominant.

Le programme de recherche sera mené en trois étapes. La première étape tient dans la définition du cadre analytique retenu. Il s'agit de montrer en quoi la théorie des options permet de renouveler l'analyse économique des brevets. L'efficacité du système des brevets, c'est-à-dire sa capacité à inciter les innovateurs à l'utiliser, sera abordée au cours de la seconde étape. L'objectif de cette étude est de savoir s'il y a *effet irréversibilité*. Pour ce faire, une analyse de statique comparative sera menée. Les décisions de renouvellement de l'innovateur, supposé rationnel et neutre au risque, obtenues dans deux configurations seront comparées. Le décideur maintiendra son innovation secrète si sa date de dépôt est retardée. Et enfin, la possibilité d'un décideur d'exclure un concurrent sera introduite. Cette approche permet d'évaluer conjointement les *effets irréversibilité* et *stratégique*.

Quatre chapitres sous-tendent cette thèse. Le chapitre liminaire a pour objet de définir le problème de décision de l'innovateur à savoir un programme de maximisation de la valeur privée du titre de propriété industrielle afin d'en déduire la date de dépôt et la durée de vie optimales. La caractérisation de l'environnement décisionnel, la résolution des incertitudes¹³ et la manière dont les actes modèlent et transforment les décisions de chaque étape du processus d'innovation permet de faire l'analogie entre les options réelles¹⁴ et les étapes de la détention du brevet. Cette dernière s'apparente à une combinaison d'options constituée d'une option de croissance (course à l'innovation), d'une option d'exécution différée (course au brevet) et d'une option d'abandon

¹¹ « Une décision est dite irréversible si elle réduit l'éventail des choix possibles » (Bancel-Richard [1995], pp. 117).

¹² La théorie de la valeur d'option est présentée dans l'Annexe 1.

¹³ L'incertitude caractérise les situations où, en raison de l'imperfection des connaissances de l'agent, des erreurs apparaîtront. Ainsi, « *action du présent sur le futur, l'incertitude est aussi action de l'environnement sur le projet* » (Favereau [1982], p. I-50).

¹⁴ Les options réelles sont des options d'achat ou de vente. Une option d'achat (resp. de vente) est un titre financier conditionnel qui donne le droit mais non l'obligation d'acheter (resp. de vendre) un actif déterminé le support c'est-à-dire le sous-jacent à un prix convenu à l'avance ou à une date déterminée. Quelques modèles d'investissement intégrant les options réelles sont présentés dans l'Annexe 2.

(renouvellement du titre). Cette succession d'étapes dépendantes offrant à l'innovateur des opportunités futures d'investissement fait du brevet d'invention un investissement stratégique. Toutefois, celui-ci se singularise en raison de l'incitation des innovateurs à breveter l'innovation le plus tôt possible. Il s'agit alors de montrer que l'investissement en protection privée appartient à la catégorie d'investissement où l'effet de report est fortement affaibli. Les motivations des firmes à préempter leur(s) concurrent(s) seront présentées.

Les deux chapitres suivants se proposent d'étudier l'efficacité du système des brevets lorsque les considérations stratégiques sont omises de l'analyse. La date de dépôt et la durée de vie du brevet se déduisent d'un modèle de renouvellement intégrant les opportunités de rentabilisation (chapitre premier) et de défense des droits de propriété (chapitre second).

Le chapitre premier souligne l'efficacité du système des brevets dès lors que l'innovateur a pour objet la rentabilisation de son innovation. Les opportunités de rentabilisation du titre proviennent de l'étendue des revendications entendue en largeur¹⁵ et en hauteur¹⁶ et des licences d'exploitation. Le problème de décision se présente comme un programme d'optimisation de la valeur privée du brevet duquel seront ensuite déduites la date de dépôt et la durée de vie optimales. L'influence des opportunités de rentabilisation est mise en lumière en comparant ces couples de solutions optimales avec celui obtenu dans le cadre de référence présenté par Langinier [1997]. Nous montrerons que ces opportunités de valorisation incite les innovateurs à breveter leurs innovations plus tôt et pour plus longtemps. Le système des brevets est dans ce cas efficient.

Toutefois, le brevet d'invention n'est utilisé comme instrument de rentabilisation que par 21% des firmes déposantes. Elles sont en revanche 93% à le considérer comme un instrument de dissuasion de l'imitation. Il convient alors d'évaluer l'impact de l'imitation et des possibilités d'agir en contrefaçon sur les décisions de renouvellement (chapitre second).

Défendre un titre de propriété nécessite d'investir en détection de contrefaçons puis d'assigner en justice celui qui est considéré comme contrefacteur. Dans certains cas, les stratégies de protection technologique (détection de la contrefaçon et procès) peuvent constituer un frein au dépôt de brevet ; le système des brevets devient alors inefficace. Aussi, le poids des coûts en détection de contrefaçons, celui des frais de justice, celui de la longueur de la procédure et celui de l'issue du procès sont évalués en comparant les couples de décisions optimales entre eux. Ces couples de solutions résultent d'un programme de maximisation de la valeur privée du brevet. Deux résultats majeurs se dégagent : l'action en contrefaçon incite les innovateurs, d'une part, à retarder la date de dépôt et, d'autre part, à raccourcir la durée de vie du brevet. L'efficacité du système des brevets est alors fortement remise en cause.

Dans la mesure où l'objectif de rentabilisation des fonds conduit l'innovateur à

¹⁵ La largeur du titre peut être appréhendée comme l'ensemble des produits qui sont protégés de la concurrence par le brevet ou comme l'ensemble des pays dans lesquels la protection industrielle est en vigueur.

¹⁶ La hauteur se définit comme l'ensemble des applications potentielles de la découverte que se réserve l'innovateur.

breveter sa découverte alors que celui de défense des droits du breveté l'incite à la conserver secrète, la question de l'efficacité du système des brevets doit être posée c'est-à-dire sa capacité à dissuader l'entrée (chapitre troisième). Un système de protection est dit plus efficace qu'un autre s'il permet de dissuader l'entrée alors que l'autre l'autorise.

Le chapitre troisième se propose de définir le système de protection le plus efficace. Conserver son innovation secrète permet à la firme innovante non seulement d'attendre que le processus de R&D soit parvenu à un niveau élevé de sophistication mais aussi de contraindre la diffusion des informations technologiques. En revanche, breveter une innovation offre au décideur la possibilité non seulement de tirer profit de son innovation mais aussi du droit d'interdire un tiers de son exploitation. L'efficacité d'un système de protection traduit sa capacité de dissuader l'entrée comparativement à celle de l'autre mode de protection. Aussi, dans un cadre atemporel, nous montrerons qu'il n'existe aucune zone où le système des brevets autorise l'entrée alors que celui du secret la dissuade ; le système des brevets est donc plus efficace que celui de droit commun. Cependant, dans un cadre dynamique, l'efficacité d'un mode de protection ne dépend plus exclusivement de sa capacité à dissuader l'entrée. Le décideur doit avoir intérêt à le choisir à la première période. La comparaison des fonctions de profits espérés escomptés permet de déterminer quel est le système de protection intertemporellement efficace. Il est ensuite possible d'en déduire l'efficacité dynamique de chaque système de protection. La prise en compte des activités de recherche interne et de veilles technologiques et concurrentielles, d'une part, et, d'autre part, de l'interdépendance des décisions conduit l'innovateur à modifier ses choix en optant plus volontiers pour le système du secret.

Chapitre Liminaire : La détention du brevet d'invention : un investissement stratégique particulier

Introduction

Nombreux sont les investissements irréversibles partiellement ou totalement, incertains et dont la décision d'investissement peut être différée (Dixit-Pindyck [1994]). Or l'irréversibilité, l'incertitude et possibilité de retarder la date de l'investissement ne sont pas appréhendées par la théorie usuelle de l'investissement. Aussi, proposer un cadre méthodologique permettant de parer ces inconvénients devient nécessaire. C'est l'objet de la théorie des options. Dans ce cadre, la firme détient une option analogue aux options financières c'est-à-dire un droit mais non une obligation d'acheter un actif à une date de son choix.

La théorie des options a ensuite été étendue aux investissements réels (théorie des options réelles ou autrement dénommée théorie de l'investissement irréversible en incertitude). Toutefois, la mobilisation de la théorie des options aux décisions d'investissement est récente. Ce chapitre liminaire se propose de montrer en quoi la

théorie des options permet de renouveler l'analyse économique des brevets.

Or la détention du brevet est telle :

qu'à chaque étape le décideur investit une somme irrécouvrable en échange d'un bien dont la valeur est aléatoire,

que prolonger l'investissement permet à la firme d'attendre que de nouvelles informations surviennent.

La caractérisation de l'environnement décisionnel, la résolution des incertitudes notamment par l'apport d'information (flexibilité informationnelle¹⁷) et la manière dont les actes modèlent et transforment les décisions (flexibilité décisionnelle¹⁸) permettent de faire l'analogie entre les options réelles et chaque décision d'investissement. Il s'agit alors de montrer que l'investissement en R&D s'apparente à une option de croissance, celui en protection privée à une option d'exécution différée et celui en propriété industrielle à une option d'abandon.

Si les étapes de la détention peuvent être assimilées à une option, alors la possession du bien tire son attrait des opportunités potentielles futures qu'elle permet d'exploiter. Trois types d'opportunités peuvent être distinguées : les opportunités d'exploitation liées à l'utilisation ultérieure du bien, celles de croissance induites par l'interdépendance des décisions et celles stratégiques résultant de la capacité d'un agent à dissuader l'entrée. Il convient alors de recenser les opportunités pouvant être acquises, soit par la possession d'une innovation, soit par celle d'un brevet, soit par la déchéance du titre de propriété. Dans ce cas, cet enchaînement d'options stratégiques fait de la détention du brevet un investissement stratégique.

L'analogie entre les options et les décisions d'investissement s'avère limitée. Par exemple, la concurrence sur un marché peut quelquefois conduire les agents à investir plus tôt (Trigeorgis [1986], Kulatilata-Perotti [1992], Smit [1995]). Dans la mesure où l'effet de report est fortement affaibli, l'investissement stratégique est alors doté de certaines particularités. Est-il possible d'assimiler la détention du brevet à un investissement stratégique particulier ? L'analogie entre l'option d'exécution différée et l'investissement en propriété privée semble inexacte dans la mesure où les innovateurs sont incités à breveter leur(s) innovation(s) le plus tôt.

Ce chapitre est organisé de la manière suivante. L'analogie entre la détention du brevet et l'enchaînement d'investissements stratégiques sera mise en évidence lors de la section 1. La section 2. porte sur le caractère spécifique de l'option d'exécution différée.

¹⁷ La flexibilité informationnelle représente « les avantages que retire le décideur d'une meilleure connaissance de son environnement, lui permettant de choisir des décisions mieux adaptées aux situations les plus vraisemblables » (Bancel-Richard [1995], p. 159).

¹⁸ La flexibilité décisionnelle, quant à elle, traduit l'incitation du décideur à choisir l'option la plus flexible afin de contraindre au minimum ses opportunités de choix futures (Bancel-Richard [1995]).

1. La détention du brevet

Chaque étape de la détention du brevet peut être conçue comme une décision d'investissement : en R&D pour la course à l'innovation, en propriété privée pour la course au brevet et en protection industrielle pour le renouvellement du brevet. Si ces investissements sont partiellement ou totalement irréversibles, s'il existe une incertitude quant aux rendements futurs. S'ils peuvent être maintenus d'une année sur l'autre, alors ces décisions d'investissement s'apparentent à des options réelles.

L'idée défendue dans cette section est celle d'une analogie entre les décisions d'investissement de chaque étape de la détention du brevet et les options réelles. Aussi, convient-il de mettre en lumière l'origine de l'irréversibilité, les conséquences des incertitudes et les opportunités offertes par la poursuite de l'investissement. Dans ce cadre, la séquence de décision s'apparente à un enchaînement d'options (options de croissance, d'exécution différée et d'abandon). La détention du brevet se transforme en une séquence de décisions d'investissements stratégiques.

Or la littérature étudie cette séquence de décisions à partir de modèles, soit de course à l'innovation, soit de course au brevet, soit de renouvellement des brevets. Ces approches permettent-elles d'intégrer l'aspect optionnel du problème ? Il s'agit alors de montrer que l'analyse économique des brevets n'est pas en mesure d'intégrer à la fois l'irréversibilité des décisions, l'anticipation d'une meilleure information et l'interdépendance des décisions.

La section 1.1. se consacre à la décision d'investissement en R&D (course à l'innovation), celle 1.2. à l'investissement en propriété privée (course au brevet) et celle 1.3. à l'investissement en protection industrielle (renouvellement du titre). Dans chaque cas, l'analogie entre les décisions d'investissement et les options réelles sera, dans un premier temps, étudiée, puis, dans un second temps, l'inadéquation de l'analyse économique pour expliquer cet aspect optionnel du problème sera mise en lumière.

1.1 La décision d'investissement en R&D

L'étape préliminaire à l'innovation est une période au cours de laquelle le décideur investit en R&D afin d'innover. Est-il possible d'assimiler l'investissement en R&D à une option ? Si tel est le cas, comment l'analyse économique appréhende-t-elle cette notion ? Aussi, l'analogie entre l'investissement en R&D et l'option de croissance sera mise en évidence dans la section 1.1.1. La façon dont l'analyse économique des brevets intègre les caractéristiques de l'investissement en R&D sera explicitée dans la section 1.1.2.

1.1.1 L'investissement en R&D : une option de croissance

L'investissement en R&D sera assimilé à une option de croissance s'il est :

irréversible et incertain,

à l'origine d'opportunités futures.

Aussi, après avoir montré dans la section 1.1.1.1. que l'investissement en R&D est un investissement irréversible et soumis à une incertitude, il convient de mettre en évidence la nature des opportunités de croissance qu'il permet (section 1.1.1.2.).

1.1.1.1 Les caractéristiques de l'investissement en R&D

La R&D est un processus cumulatif d'acquisition de compétences, de savoir-faire. Dans la mesure où le transfert de ces connaissances tacites est délicat, elles sont spécifiques à l'activité de R&D. De plus, certaines dépenses nécessaires à la R&D telles que les dépenses d'équipement, d'infrastructure sont irrécouvrables. C'est pourquoi, l'investissement en R&D est irréversible ; le désengagement est alors réalisé en contrepartie d'une perte en capital. Cette irréversibilité est toutefois partielle puisque les connaissances des chercheurs peuvent toujours être réutilisées dans la production d'autres applications créant ainsi des synergies technologiques (Kay [1988], Jacquier-Roux [1994]) ou des économies de variétés (Eaton-Lipsey [1981]). Pour ces raisons, s'engager dans une course à l'innovation est une décision irréversible. Inversement, la flexibilité de la décision tient dans le non engagement dans la course puisqu'il est toujours possible pour une entreprise de reconsidérer ses choix et de s'y engager afin de dépasser le monopole en place.

L'incertitude quant au processus de découverte a trait à l'identité du vainqueur (incertitude de marché) et à la date de découverte de l'innovation (incertitude technologique). Puisque la propension à innover est corrélée à l'effort de recherche, la probabilité de découverte de l'innovation dépend, soit des dépenses présentes (modèles de course de type ruban de manège ou à ligne d'arrivée fixe), soit des dépenses passées indispensables à la découverte de l'innovation (modèles de type course au trésor). De cette incertitude naît un comportement dynamique de recherche d'information. Cette information porte sur la nature intrinsèque du bien (caractère améliorable ou non de l'innovation), sur les actions des autres agents (engagement ou non dans la course) ou sur les technologies (profitabilité de l'innovation). Les activités de veille technologique¹⁹ et concurrentielle²⁰ (enveloppe Soleau²¹, demandes de brevets des concurrents, publications effectuées sur le thème, recherche interne) réduisent ces incertitudes. Cette arrivée d'informations se veut croissante puisque sur chaque intervalle de temps, aussi petit

¹⁹ La veille technologique réfère aux acquis scientifiques et techniques (brevets, publications), aux activités de recherche en cours, aux produits et services dans leur conception.

²⁰ La veille concurrentielle a trait à l'étude des stratégies et des avantages compétitifs des concurrents actuels ou potentiels.

²¹ Les informations contenues dans l'enveloppe Soleau et divulguées par l'innovateur lui-même ne peuvent être consultées par la concurrence. Néanmoins, ceux-ci savent qu'une découverte a été effectuée.

soit-il, il est possible de savoir si l'innovation a été réalisée et/ou par qui.

Outre les caractéristiques de l'investissement en R&D, l'étape de R&D se particularise par l'influence des décisions présentes sur les choix futurs. Cette influence se mesure par la valeur stratégique des décisions flexibles et irréversibles.

1.1.1.2 La nature des opportunités de croissance

La valeur stratégique de l'irréversibilité est contenue dans la réduction de la valeur espérée des investissements (Reinganum [1989]). Elle se traduit par la modification des efforts de recherche des rivaux dans le but d'accroître la probabilité de succès d'une firme. Elle tient donc dans l'*effet efficacité*²² à savoir l'incitation du monopole à faire perdurer sa situation. Dans ce cadre, son consentement à payer excède celui de son concurrent, ce qui a pour conséquence d'accroître la crédibilité de la menace de préemption²³. En revanche, la valeur stratégique de la flexibilité émane de l'aptitude de la firme à modifier l'incitation à innover de son concurrent en diminuant le bénéfice informationnel de ce dernier.

Dans ce contexte, la firme investit en R&D afin d'acquérir un bien (l'innovation) dont la valeur privée est incertaine puisqu'elle dépend du temps (caractère stochastique de l'expérience) et du comportement des concurrents (possibilité de dépassement). Or l'intérêt des investissements tels que ceux de R&D ne se justifie que par les opportunités créées. Trois types d'opportunités peuvent être mises en évidence :

les opportunités d'exploitation qui résultent de la constitution d'un stock de connaissances pouvant être mobilisées lors d'activités futures,

les opportunités de croissance qui dépendent de :

- l'incidence de la durée de la période d'exercice²⁴,
- du risque d'exploitation de l'investissement,

²² L'effet efficacité est le fait que l'incitation du monopole à maintenir sa position dominante est forte.

²³ Selon Bunch-Smiley [1992], cette stratégie est avec la publicité un des modes de dissuasion à l'entrée les plus utilisés.

²⁴ L'influence de la durée de la période d'exercice, la survenance d'événements favorables (resp. défavorables) accroît la valeur des opportunités de croissance si la date d'échéance est éloignée (resp. si la date de l'investissement est retardée).

²⁵ L'influence du taux d'intérêt sur la valeur des opportunités d'investissement est contrastée puisqu'une augmentation du taux d'intérêt a pour conséquence d'accroître le coût d'investissement et d'abaisser la valeur de l'innovation.

²⁶ Dans la mesure où une firme innovatrice n'est pas la seule entreprise engagée dans un programme de recherche, l'option de croissance peut être exercée par un concurrent. Cette dernière devient alors beaucoup moins attractive.

comportement de son(es) concurrent(s) et/ou la réduction de leur bénéfice informationnel.

Dans la mesure où l'investissement en R&D dans une course à l'innovation est irréversible, incertain et offre des opportunités, il peut être assimilé à une option de croissance. La règle de décision stipule que l'option est exercée – l'engagement effectué - si la valeur actuelle des flux de profit futurs attendus de l'investissement excèdent les coûts de l'investissement futur.

Après avoir montré l'analogie entre la dépense d'investissement en R&D et l'option de croissance, il convient de se demander si les modèles de course à l'innovation intègrent les caractéristiques de cet investissement.

1.1.2 L'option de croissance dans les modèles de course à l'innovation

Les modèles de course à l'innovation²⁷ ont été développés selon deux voies : les modèles de course technologique (section 1.1.2.1.) et ceux d'options financières (section 1.1.2.2.). Cette section se propose de montrer comment l'option de croissance a été prise en compte dans les modèles de course à l'innovation.

1.1.2.1 Les modèles de course technologique

Les modèles de course technologique ont pour objet la détermination du montant investi en R&D et donc *in fine* l'issue de la course. Dans ce cadre, l'environnement décisionnel est incertain en raison des possibilités de dépassement. Le cadre analytique de ces modèles se présente comme suit.

Deux concurrents ($i = \{1,2\}$) - cherchant à remplacer un procédé technologique permettant de produire un bien au coût unitaire c ($c > 0$) par un nouveau procédé dont le coût de production est inférieur - investissent un montant x_i en R&D. La firme qui innove la première devient titulaire d'un brevet la protégeant complètement de l'imitation et de la duplication. La probabilité que la firme i innove ($h(x_i)$) est indépendante non seulement du temps passé dans la compétition mais aussi des dépenses en R&D passées investies²⁸. Par conséquent, la probabilité que l'innovation soit réalisée au plus tard à la date t , pour tout

$$t \in [0, +\infty[, \text{ est notée } \text{Proba}(\tau_i(x_i) \leq t) = 1 - e^{-h(x_i)t} \cdot \text{où } \tau_i \text{ désigne la}$$

date de découverte de l'innovation et $h(\cdot)$ la fonction hasard²⁹.

²⁷ La course à l'innovation met aux prises plusieurs firmes pour l'obtention d'un trophée (le brevet d'invention). Celle-ci revêt différentes formes : le ruban de manège, la ligne d'arrivée fixe et la course au trésor.

²⁸ Fudenberg *et al* [1983] proposent des modèles de course à l'innovation intégrant les dépenses passées en sus de celles courantes.

²⁹ La fonction hasard est deux fois continûment différentiable avec et (Loury [1979], Lee-Wilde [1980]). Cette spécification traduit la décroissance des rendements d'échelle.

Les fonctions de profits dépendent de la situation concurrentielle. Si la firme i est en situation de monopole, alors ses profits seront désignés par Π_i^m . Si la situation

concurrentielle devient duopolistique consécutivement à l'entrée d'un concurrent alors ses profits seront désignés par Π_i^j avec $j = \{l, f\}$ et $j = l$ (resp. $j = f$) désignant la situation de

leader (resp. de suiveur) de Stackelberg. Il est alors possible d'en déduire les fonctions de profits espérés escomptés de la firme i à savoir :

$$V_i^m(x_i, x_{-i}) = \frac{\Pi_i^m - x_i + h(x_i)\Pi_i^l + h(x_{-i})\Pi_i^f}{r + h(x_i) + h(x_{-i})} \dots \dots \dots V_i^l(x_i, x_{-i}) = \frac{h(x_{-i})\Pi_i^f - x_{-i}}{r + h(x_i) - h(x_{-i})}$$

De ces fonctions de profits espérés escomptés se déduisent les motivations à investir en R&D des deux acteurs. Deux cas polaires s'opposent : la persistance de la situation de monopole et les sauts technologiques (*leapfrogging*). Dans le premier cas, l'incitation à investir de la firme en place est supérieure à celle de l'entrant ; *l'effet efficacité* est favorisé. En revanche, lorsque les situations de dépassement et d'éviction sont réalisables (second cas), l'incitation à investir de l'entrant est supérieure à celle de la firme en place. Il y a alors *effet de remplacement*³⁰.

Ces modèles de course à l'innovation intègrent l'incertitude quant aux rendements futurs puisque le cadre analytique retenu est celui des choix d'investissement en environnement incertain. Toutefois, ils ne considèrent ni :

- l'irréversibilité de l'investissement en R&D,
- ni l'anticipation d'une arrivée d'information étant donné que la valeur espérée des flux de profits est définie sur une même séquence de temps,
- ni l'interdépendance des décisions dans la mesure où bien souvent, seuls, les montants d'investissement optimaux sont déterminés indépendamment des considérations stratégiques,
- ni les opportunités d'investissements futurs en raison de l'assimilation des dates de préemption par l'innovation et par les brevets.

La problématique des modèles de course à l'innovation a également été appréhendée dans la cadre de la théorie optionnelle financière.

³⁰ *L'effet de remplacement* est mesuré par la valeur privée de l'innovation acquise par l'agent. Il traduit la faiblesse de l'incitation du monopole à investir en R&D comparativement à l'entrant.

1.1.2.2. Les modèles d'options technologiques

Ravid-Zuscovitch [1989] présentent un modèle d'options financières intégrant l'irréversibilité de l'investissement en R&D (option innovation) et les profits potentiels de l'apprentissage technologique³¹. Leur objet est de « **comparer le mérite respectif du comportement innovateur et imitateur** » (Ravid-Zuscovitch [1989], pp. 232). Il s'agit de déterminer quel est l'intérêt d'une firme : est ce de lutter pour le premier coup (*first mover*) ? Est-ce d'attendre que le concurrent ait mis au point une innovation afin de profiter de sa technologie à moindre coût ?

Si la firme innove, la valeur actuelle de sa décision est donnée par :

$$VAN_{in} = -I + \Pi_1 e^{-rt} + V \left\{ \text{Max} \left[\Pi_2 - (\Pi_1 - C_1) \right] ; 0 \right\}$$

où I désigne l'investissement en R&D, Π_i les profits de la période i avec $i = \{1,2\}$ et $\Pi_2 > \Pi_1$, V les suppléments de profits espérés escomptés, t l'horizon temporel, r le taux d'intérêt et C_1 le prix de vente de la nouvelle technologie supposée appropriable. Ainsi, l'innovateur ayant investi une somme I obtient en échange des profits certains Π_1 et incertains Π_2 si une nouvelle innovation profitable est découverte. Toutefois, la condition pour qu'une entreprise soit incitée à innover est $-I + \Pi_1 e^{-rt} < 0$.

Si la firme imite, la valeur actuelle nette de la décision est alors :

$$VAN_{im} = -P_1 + V \left[\text{Max} \left(\Pi_2 - C_1 ; 0 \right) \right]$$

où P_1 désigne la somme investie par l'entreprise, W_1 et W_2 ³² la valeur des options innovation et imitation. Trois résultats majeurs se dégagent :

• une augmentation de la volatilité des rendements de l'innovation accroît l'incitation à innover puisque l'investissement en R&D (innovation) est rendu plus attractif comparativement à celui consacré au rattrapage technologique(imitation),

• un taux d'intérêt élevé diminue l'attrait de l'innovation,

• l'incitation à innover est une fonction croissante du prix de vente de la nouvelle technologie.

³¹ L'apprentissage est alors supposé stochastique.

³² L'expression de est donnée par , celle de est .

Cette approche a le mérite d'intégrer l'arbitrage du décideur à savoir s'engager ou non dans la course et l'incertitude quant aux rendements futurs. Néanmoins, elle souffre de trois inconvénients :

« ***L'information accumulée dans un laboratoire est croissante par hypothèse alors qu'une quantité d'information décrite par un mouvement brownien peut décroître*** » (Guignard [1994], p. 67-68). Etant donné que la valeur d'une information est forcément positive, la considération de l'accumulation des connaissances comme un mouvement brownien peut, dans certaines situations, s'avérer imparfaite.

les opportunités d'investissements futurs ne sont pas considérées.

En résumé, un décideur engagé dans une course à l'innovation investit une somme irrécouvrable en R&D en échange d'un bien (l'innovation) dont la valeur dépend du temps et du(es) comportement(s) des concurrents. Tant que l'innovation n'est pas réalisée, la firme prolonge son investissement en raison de coûts d'entrée importants. Dans ce cadre, l'investissement en R&D s'apparente à une option de croissance. Cette option offre à l'entreprise des opportunités futures d'investissement. Toutefois, les modèles de course technologique n'incorporent ni l'irréversibilité des décisions, ni la croissance de l'information, ni la dépendance temporelle des décisions. L'approche optionnelle financière n'intègre pas, quant à elle, la croissance de l'information et la séquentialité des décisions³³.

1.2 La décision d'investissement en propriété privée

Une fois l'innovation réalisée, l'entreprise doit choisir un mode de protection. deux options se présentent à elle : le système de droit commun (le secret), le système d'exception (le brevet). Si la première option est choisie par la firme, celle-ci investit en protection industrielle. En revanche, si l'entreprise garde son innovation secrète, elle investit alors en propriété privée. Dès lors deux interrogations surviennent. L'investissement en propriété privée peut-il être assimilé à une option ? Comment l'analyse économique appréhende-t-elle ce problème ?

L'analogie entre l'investissement en propriété privée et l'option d'exécution différée sera mise en lumière dans la section 1.2.1. L'objet de la section 1.2.2. est de présenter les différentes approches théoriques relatives à la course au brevet.

1.2.1 L'investissement en propriété privée : une option d'exécution différée

Investir en protection privée revient à maintenir temporairement l'innovation secrète afin, soit de l'améliorer, soit d'empêcher les concurrents d'utiliser les informations contenues dans la demande de brevet.

Ainsi, faire l'analogie entre l'investissement en protection privée et l'option

³³ « Par problème séquentiel de décision, nous désignons un problème qui se déroule dans le temps et pour lequel les conséquences d'une décision prise à une période sont les conditions initiales qui affectent les décisions à prendre dans les périodes suivantes » (Arrow [1957], cité par Liérena-Willinger [1989], pp. 84).

d'exécution différée revient à montrer que cet investissement est :

1. non seulement irréversible mais aussi incertain (section 1.2.1.1.),
2. qu'il est à l'origine d'opportunités futures (section 1.2.1.2.).

1.2.1.1 Les caractéristiques de l'investissement en protection privée

L'engagement dans la course au brevet nécessite de la part des acteurs d'investir en protection privée³⁴. Cet investissement a pour objet, d'une part, de permettre au décideur de mettre au point une innovation dotée d'un degré de sophistication plus élevé et, d'autre part, d'empêcher la diffusion à l'extérieur de l'entreprise d'informations concernant la technologie développée. Ces dépenses consistent en l'achat d'équipement, l'engagement de personnel de surveillance ou le paiement de salaires supplémentaires (Crampes [1986]). Elles sont irrécouvrables étant donné qu'elles ne peuvent être éliminées si un concurrent engagé dans le même axe de recherche parvient à dépasser la firme en place. De plus, cet investissement est entrepris tant que l'innovation ne satisfait pas les conditions de brevetabilité imposées par les pouvoirs publics. En France, pour être brevetée une innovation doit satisfaire trois conditions définies par le législateur : « **être nouvelle³⁵, impliquer une activité inventive³⁶ et être susceptible d'application industrielle³⁷** » (Art 6-1 Loi de 1968). Aussi, la date à partir de laquelle la possibilité de réaliser cet investissement disparaît est la date de dépôt de brevet.

Breveter une innovation est une décision irréversible en raison du droit privatif accordé à son détenteur. Celui-ci garantit au breveté la réservation de son objet ainsi que la commercialisation de ses applications. L'obligation de divulgation des connaissances technologiques est également à l'origine de l'irréversibilité de la décision puisqu'elle accroît le rythme d'obsolescence technologique grâce à l'utilisation des externalités technologiques. Ces dernières correspondent « **à des fuites technologiques volontaires ou involontaires de connaissances ou de savoir-faire au sein d'une**

³⁴ L'investissement en propriété privée est une stratégie souvent utilisée puisque un peu moins de 30% des firmes déposantes pour les innovations de produits avouent avoir différé le dépôt d'un brevet pour disposer d'une avance technologique plus importante ; ce taux s'élève à 37% pour les innovations de procédés (Bussy *et al* [1994]).

³⁵ *Une invention est considérée comme nouvelle « si elle n'est pas comprise dans l'état de la technique » (Art. L. 611.11 du Code de la propriété intellectuelle) c'est-à-dire dès lors qu'elle est accessible au public avant la date de dépôt de la demande.*

³⁶ *« Une invention est considérée comme impliquant une activité inventive si, pour un homme de métier, elle ne découle pas de manière évidente de l'état de la technique [...] » (Art. L. 611.14 du Code de la propriété intellectuelle). Le Législateur a, dans ce cas, pour souci de ne pas encombrer le marché de titres dont l'accès est trop facile.*

³⁷ *Une invention est susceptible d'application industrielle « si son objet peut être fabriqué ou utilisé dans tout genre d'industrie y compris l'agriculture » (Art. L. 611.15 du Code de la propriété intellectuelle).*

organisation ou entre les firmes » (Cabon-Dhersin [1997], pp. 69). Elles constituent donc des informations utilisables par la concurrence dans la production d'applications semblables ou différentes. Elles résultent de la consultation de publications, l'embauche de chercheurs des concurrents, de *reverse engineering*³⁸ ou d'activités de veille technologique. Ces retombées technologiques ont pour effet de diminuer l'incitation des innovateurs à investir en R&D et de favoriser l'imitation³⁹.

Inversement, en engageant des dépenses de protection privée (option secret), l'innovateur évite les inconvénients du brevet tels que la diffusion à l'extérieur d'informations contenues dans la demande, la contrefaçon ou les limites en termes de durée de la protection. La firme est alors en mesure d'attendre que le processus de R&D soit parvenu à un niveau plus élevé de sophistication. L'objectif de l'innovateur est, dans ce cas, d'obtenir un brevet suffisamment haut pour qu'il soit difficile à son concurrent de l'améliorer. La flexibilité de cette décision (flexibilité décisionnelle) provient de la capacité des décideurs de reconsidérer leurs choix *i.e.* d'opter pour le brevet comme mode de protection industrielle. Elle émane des conditions de brevetabilité et de diffusion des connaissances.

Une fois l'innovation réalisée, l'information détenue par l'innovateur est incomplète et imparfaite. L'incomplétude de l'information est à l'origine d'une incertitude : l'incertitude de marché. Elle est la conséquence de l'ignorance de l'état d'avancement des travaux des concurrents. Elle se résorbe grâce aux activités de veilles technologique et/ou concurrentielle. L'imperfection de l'information induit une incertitude quant au degré de profitabilité de la technologie puisque l'entreprise ignore, au moment de sa découverte, quels seront les bénéfices et applications qui découleront de l'innovation. Cette incertitude se résorbe grâce aux expérimentations (apprentissage⁴⁰) ayant essentiellement lieu au cours des premières années de détention de l'innovation. Ces examens leur apprennent, soit que leurs idées ne seront jamais profitables⁴¹, soit leur permettent de découvrir un nouveau procédé⁴², soit ne leur apportent aucune information supplémentaire. La

³⁸ Cette stratégie consiste à acheter et à analyser un produit pour reconstituer son procédé de fabrication.

³⁹ Il est effectivement plus avantageux pour une firme d'imiter l'innovation développée par la concurrence que de l'obtenir par ses propres moyens. Selon Harabi [1997], les coûts d'imitation des innovations brevetées sont inférieurs de 20% et 30% aux coûts de développement propre pour les innovations respectivement significatives et courantes et de 50% et 60% pour les innovations non brevetées.

⁴⁰ L'apprentissage se définit comme l'aptitude des agents à acquérir de l'information, des compétences et à les utiliser en vue d'améliorer leurs positions ou d'atteindre leurs objectifs. Il consiste alors à la fois en la construction d'une mémoire de l'individu mais aussi en la création d'une sélection ayant pour objet d'affronter des situations variées. Le processus d'apprentissage s'interprète comme une diminution de la complexité environnementale notamment grâce à l'arrivée d'information.

⁴¹ 6% des idées brevetées ne seront jamais profitables (Pakes [1986]).

⁴² 20% des brevets donneront lieu à une application (Pakes [1986], Michel [1994]). Ainsi, ce faible pourcentage de brevets délivrés donnant lieu à une exploitation industrielle justifie la stratégie de défense des entreprises reposant sur le dépôt d'un très grand nombre de brevets souvent à très faible contenu technologique.

résolution de ces incertitudes procure au décideur un avantage c'est-à-dire une flexibilité informationnelle.

L'investissement en protection privée est un investissement irréversible, incertain dont la date d'exercice peut être différée. Toutefois, le choix d'un mode de protection peut avoir des conséquences sur les opportunités futures. Il convient alors d'évaluer l'influence des décisions présentes sur celles futures.

1.2.1.2 La nature des opportunités de l'option d'exécution différée

La valeur stratégique de la décision irréversible tient, soit dans la dissuasion à l'entrée (préemption par les brevets), soit dans l'utilisation du brevet en tant que leurre. La préemption par les brevets caractérise les situations où la firme, placée en meilleure position que sa concurrente, contraint sa rivale, soit à abandonner la course (*préemption complète*⁴³), soit à ne pas s'y engager (*ε-préemption*⁴⁴). La littérature en matière de course technologique a mis en lumière différentes origines de la préemption. Elle émane :

- du stock de connaissances initiales (Dasgupta-Stiglitz [1980a]),
- du retard informationnel (Harris-Vickers [1983]),
- du caractère stochastique de l'expérience (Fudenberg *et al* [1983]),
- de la durée de l'activité de recherche (Lippman-MacCardle [1988]).

La deuxième voie d'utilisation stratégique des brevets a pour principe le signalement. Dans la mesure où seule la firme innovante dispose de toute l'information nécessaire à l'évaluation de l'innovation, le brevet est perçu par les firmes rivales comme une *bonne nouvelle*, un signal de rentabilité du marché. Aussi, un innovateur conscient de la faible rentabilité de son innovation peut alors décider de la breveter malgré ses médiocres qualités dans le but d'orienter ses rivales vers des programmes de recherche peu rentables (Langinier [1997]).

En revanche, la valeur stratégique de la flexibilité provient de la possibilité pour la firme d'ériger des barrières à l'entrée en réduisant le bénéfice informationnel que peut tirer son concurrent de sa propre flexibilité (Lecostey [1994]). Ne profitant plus de la diffusion des connaissances technologiques contenues dans le brevet, le(s) suiveur(s) est(sont) contraint(s), dans un premier temps, de découvrir l'innovation par ses propres moyens puis, dans un second temps, de l'améliorer. Le leader augmente donc ses coûts de recherche en rendant l'amélioration difficile⁴⁵.

⁴³ La préemption est dite *complète* si le monopole en place termine la course en solitaire.

⁴⁴ L'*ε-préemption* désigne la capacité d'une firme à empêcher l'entrée de son concurrent grâce à son avance marginale dans la course au brevet.

Dans ce contexte, l'innovateur investit en protection privée afin d'obtenir un bien (le brevet) dont la valeur est incertaine puisqu'elle dépend du degré de sophistication de la technologie et du risque d'être devancé ou rattrapé par un concurrent (amélioration ou imitation). Or investir en protection privée offre au décideur :

1.
des opportunités d'exploitation *i.e.* celles de mettre au point une innovation dotée d'un plus haut degré de sophistication afin de la rendre plus difficilement imitable et/ou dépassable,
2.
des opportunités de croissance résultant de la valorisation du brevet d'invention (développement d'applications ultérieures, licences d'exploitation, glissement en terme de marque),
3.
des opportunités stratégiques telles que la dissuasion à l'entrée grâce à la préemption ou l'utilisation du brevet en tant que leurre.

Aussi, l'investissement en propriété privée peut être assimilé à une option d'exécution différée offrant au décideur la possibilité de jouir immédiatement ou ultérieurement des avantages du système de propriété industrielle. L'option est exercée tant que la valeur actuelle des flux de profits futurs de l'investissement est supérieure aux coûts de l'investissement futur. Cet aspect optionnel du problème est-il considéré dans les modèles de course au brevet ?

1.2.2 L'option d'exécution différée dans les modèles de course au brevet

Conserver une innovation secrète au moins temporairement permet, outre de parer les inconvénients du brevet, de mettre au point une innovation dotée d'un degré de sophistication plus élevé. L'innovation détient alors une option d'exécution différée. Cette option offre à son détenteur la « **possibilité d'attendre de nouvelles informations sur les prix, les coûts et d'autres conditions du marché avant d'engager ses ressources** » (Pindyck [1991b], pp. 1110). Comment les modèles de course au brevet traitent-ils cette option ?

Deux approches peuvent également être distinguées. La première repose sur un modèle de duopole où le décideur arbitre entre les options secret et brevet (section 1.2.2.1.). La seconde mobilise la théorie optionnelle financière (section 1.2.2.2.).

1.2.2.1 L'approche traditionnelle de la course au brevet

Le modèle de Crampes [1986] met aux prises deux firmes, $i = \{1,2\}$, telles que i possède la nouvelle technologie et sa concurrente cherche à l'obtenir. Le profit instantané constant

⁴⁵ La phase de recherche liée à l'innovation est plus lourde que celle liée à l'amélioration.

$t \in [0, +\infty[$ lorsque $j = \{m, d\}$ caractérise la situation monopolistique (m) et

duopolistique (d) sachant que

$$\Pi^d = \frac{\Pi^m}{K}$$

si K représente le degré de profitabilité de l'innovation. En désignant par r le taux d'intérêt, le coût de renouvellement du brevet supposé constant en valeur actualisée admet pour expression

$$y_t = y_0 e^{-rt}$$

Le problème de décision de l'innovateur tient dans l'arbitrage entre les options secret et brevet dont les valeurs actualisées sont respectivement notées

$$V_i^B \text{ et } V_i^S$$

La valeur actualisée $V_i^B(\bar{T})$ du brevet de durée T dépend du degré de profitabilité de l'innovation K , du coût de renouvellement y_0 et du profit de duopole.

Trois cas doivent être distingués⁴⁶ :

si $K \leq 1 + \frac{y_0}{\Pi^d}$, la valeur actualisée du brevet est donnée par

$$V_i^B(T) = \frac{\Pi^d}{r}$$

si $1 + \frac{y_0}{\Pi^d} \leq K \leq 1 + \frac{y_0 e^{rT}}{\Pi^d}$, alors la valeur actualisée du brevet est :

$$V_i^B(T) = K \frac{\Pi^d}{r} - \frac{y_0}{\Pi^d} \left[1 + \text{Log} \frac{\Pi^d (K-1)}{y_0} \right]$$

si $K \geq 1 + \frac{y_0 e^{rT}}{\Pi^d}$, la valeur actualisée du brevet admet comme expression :

$$V_i^B(T) = \frac{\Pi^d}{r} (K - (K-1)e^{-rT}) - y_0 \bar{T}$$

⁴⁶ Dans le premier cas, la profitabilité de l'innovation est faible ; dans le second cas, elle est moyenne ; dans le troisième, l'innovation est très profitable.

La valeur actualisée V_i^S du secret dépend de la date aléatoire τ à partir de laquelle le

suiveur (-i) découvre le procédé, du montant z (resp. l'investissement x) en protection privée (resp. en R&D) engagé par la firme i (resp. - i) payé à la période initiale⁴⁷. La valeur espérée escomptée de l'option secret pour les firmes leader (i) et suiveur (- i) est respectivement :

$$V_i^S = \frac{K\Pi^d}{r} - \frac{(K-1)\Pi^d h}{r(h+r)} - z \dots \dots \dots \text{et} \dots \dots \dots V_{-i}^S = \frac{h}{r(h+r)} \Pi^d - x$$

Il est alors possible d'en déduire l'équilibre de Nash⁴⁸ défini par :

$$(x^N, z^N)$$

$$\left\{ \left(\frac{\alpha}{K-1} \times \frac{\Pi^d}{\left(\frac{\alpha}{K-1} + r \right)^2} \right); \left(\frac{\alpha \Pi^d}{\left(\frac{\alpha}{K-1} + r \right)^2} \right) \right\}$$

L'expression de la valeur actualisée V_i^S du secret devient :

$$V_i^S(x^N, z^N) = \frac{\Pi^d}{r} \left[1 + \frac{K-1}{\left(\frac{\alpha}{r(K-1)} + 1 \right)^2} \right]$$

La comparaison des valeurs espérées escomptées des deux options permet de mettre en lumière les résultats suivants :

⁴⁷ La fonction hasard, c'est-à-dire la probabilité instantanée de découverte, est une fonction croissante (resp. décroissante) de (resp. de). Son expression est donnée par où représente la plus ou moins grande facilité de découverte de l'innovation ().

⁴⁸ L'équilibre de Nash est tel que et . De plus, , pour tout et ne sont pas des équilibres de Nash.

si l'invention est inappropriable ($\alpha = 0$), le brevet ne se révèle pas être le meilleur choix de protection,

si l'invention est évidente ($\alpha = +\infty$), le brevet devient l'instrument privilégié de protection,

si α n'est ni trop grand, ni trop petit, alors le secret est le meilleur instrument de protection si l'innovation est très peu ou très profitable.

Ce modèle intègre l'irréversibilité de l'investissement avec une protection privée, l'incertitude quant aux rendements futurs et l'interdépendance des décisions. Toutefois, sont omises du cadre d'analyse :

l'anticipation d'une arrivée d'information dans la mesure où la séquentialité du processus de décision n'est pas introduite. Or si l'option secret est choisie à une période, le décideur peut très bien, à la période suivante réviser ses choix et opter pour le brevet,

les opportunités d'investissement futurs.

Après avoir présenté l'approche traditionnelle, il convient d'explicitier celle financière.

1.2.2.2 Les modèles de course au brevet s'inscrivant dans la lignée financière

L'utilisation de l'approche optionnelle en matière de brevet a notamment été développée par Reiss [1998]. Elle considère deux options : l'engagement dans un nouveau programme de recherche et le dépôt de brevet. Ces deux options peuvent être, soit exercées immédiatement, soit reportée.

La valeur V du projet suit un mouvement brownien géométrique admettant pour expression $dV = \alpha V dt + \sigma V dz$ lorsque α , σ et dz représentent respectivement

la moyenne, la volatilité et les accroissements du processus standard de Wiener. La menace concurrentielle est modélisée sous la forme d'un processus de poisson⁴⁹. La valeur de l'option engagement est donnée par :

⁴⁹ Un processus de Poisson à sauts discrets se caractérise par des sauts (événements) pouvant être, soit fixes, soit variables. Le taux de hasard moyen d'un événement au cours d'un intervalle de temps est noté λ . L'expression du processus de Poisson à sauts discrets notée est $N(t)$. L'expression de la valeur du brevet devient :

$$W(V) = \begin{cases} AV^\beta & \text{si } V < V^* \\ V - I & \text{si } V > V^* \end{cases}$$

où A désigne une constante d'intégration, β une constante positive et I le coût irrécouvrable de l'engagement. Le problème de décision de l'innovateur tient dans la détermination de la valeur seuil du projet V à partir de laquelle ce dernier est entrepris. Cette dernière est donnée par

$$V^* = \frac{\beta}{\beta - 1}$$

$$\beta = \frac{1}{2} - \frac{\alpha}{\sigma^2} + \sqrt{\left(\frac{\alpha}{\sigma^2} - \frac{1}{2}\right)^2 + 2 \frac{r}{\sigma^2}} \dots \text{et} \dots A = \left(\frac{(\beta-1)}{\theta}\right)^{\beta-1} \cdot \frac{1}{\theta} \cdot \left(\frac{1}{I}\right)^{\beta-1}$$

Trois résultats se dégagent de cette étude :

la valeur de l'opportunité d'investissement est une fonction croissante de la moyenne et de la volatilité,

les *cash-flows* futurs dépendent négativement de la moyenne et du taux d'intérêt sans risque r,

plus la moyenne et le taux d'intérêt sont élevés, plus la tendance à retarder l'investissement est forte.

Les diverses configurations d'opportunités futures résultent de la combinaison des options engagement dans un nouveau projet et dépôt de brevet :

l'exercice simultané de l'*engagement* et du *brevet immédiat*,

le report non seulement de l'*engagement* en R&D mais aussi du *dépôt de brevet*,

l'exercice immédiat de l'*engagement* et le report de la date de *dépôt du brevet*.

Dans le premier cas, la valeur du projet est donnée par l'expression suivante :

$$W(V) = \begin{cases} A_1 V^{\beta_1} & \forall V < V^* \\ V - I - P & \forall V > V^* \end{cases}$$

lorsque P désigne le montant des redevances du brevet, V^* la valeur seuil - admettant pour expression - c'est-à-dire la valeur à partir de

$$V^* = \frac{\beta}{\beta-1} \times (I + P)$$

laquelle le projet est entrepris, A_1 une constante d'intégration et β_1 une constante positive.

Trois résultats sont mis en évidence :

la valeur du projet est une fonction croissante de la volatilité,

retarder le lancement du projet est une fonction croissante (resp. décroissante) de la moyenne (resp. du taux d'intérêt sans risque et du taux de hasard),

les redevances de brevet dépendent positivement de la volatilité.

S'il y a préemption par les brevets et engagement dans un nouveau programme de recherche (second cas), l'expression de la valeur du projet devient :

$$W_p(V) = \begin{cases} A_p V^{\beta_1} & \forall V < V_p^* \\ AV^{\beta} - P & \forall V > V_p^* \end{cases}$$

où A_p désigne une constante d'intégration et V_p^* la valeur critique à partir de

laquelle il est optimal d'investir avec

$$V_p^* = P \times \frac{\beta}{\beta-1} \times \left(\frac{P}{\gamma I} \right)^{1/\beta} \times I$$

. L'impact des

paramètres du modèle sur les valeurs des options engagement et brevet se présente comme suit :

la valeur des options engagement et brevet est une fonction croissante (resp. décroissante) de la volatilité (resp. des taux de hasard et d'intérêt sans risque),

la valeur seuil est une fonction croissante du taux d'intérêt sans risque et décroissante du taux de hasard.

Si (troisième configuration) la date de dépôt de brevet est reportée et l'engagement dans un nouveau programme de recherche est effectué, alors l'expression de la valeur de l'option secret est :

$$W_{ED}(V) = \begin{cases} A_{ED}V^{\beta}, & \forall V < V_{ED}^* \\ (1-\omega)V - P & \forall V > V_{ED}^* \end{cases}$$

lorsque ω désigne la part de la valeur présente des rendements du brevet, A_{ED} une constante d'intégration et V_{ED}^* la valeur seuil à partir de

$$V_{ED}^* = \frac{\beta}{\beta-1} \times \left(\frac{1}{1-\omega} \right) \times P$$

laquelle la firme a intérêt à choisir le secret comme mode de protection.

Trois conclusions peuvent être mises en lumière :

la valeur de l'option secret $W_{ED}(V)$ est une fonction croissante de la moyenne et de la volatilité,

la valeur de l'option secret (resp. de la valeur seuil) est une fonction décroissante (resp. croissante) du taux d'intérêt sans risque,

la valeur seuil est une fonction décroissante de la moyenne.

La valeur de l'option engagement admet pour expression :

$$W_{OC}(V) = \begin{cases} A_{OC}V^{\beta}, & \forall V < V_{OC}^* \\ \omega V - I + W_{ED}, & \forall V > V_{OC}^* \end{cases}$$

où A_{OC} est une constante d'intégration et V_{OC}^* désigne la valeur seuil à partir de

laquelle l'investissement est entrepris. Les résultats suivants se déduisent de l'analyse :

la valeur de l'engagement dans un nouveau programme de recherche est une fonction

décroissante de la volatilité,

la valeur seuil est une fonction croissante de la moyenne et de la volatilité, du taux de hasard et décroissante du taux d'intérêt sans risque.

La modélisation de Reiss [1998] intègre l'irréversibilité des décisions d'investissement, prend en compte l'incertitude quant aux rendements futurs et incorpore les opportunités futures. Toutefois, les problèmes relatifs à l'arrivée d'information subsistent ; l'interdépendance des décisions est ignorée.

En résumé, un innovateur engagé dans une course au brevet investit une somme irrécouvrable pour conserver l'innovation secrète en échange d'un titre (le brevet) dont la valeur dépend du degré de sophistication de la technologie et de la capacité des concurrents de rattraper la firme en place ou de la dépasser. Tant que l'innovation n'est pas brevetée et si le(s) concurrent(s) n'est (ne sont) pas parvenu(s) à devancer l'innovateur, alors ce dernier a intérêt à prolonger cet investissement afin de bénéficier du système de protection de droit commun. Aussi, l'investissement en propriété privée prend la forme d'une option d'exécution différée. Toutefois, l'arrivée d'information et l'interdépendance des décisions ne sont généralement pas développées dans les modèles de course au brevet.

1.3 La décision d'investissement en protection industrielle

Une fois la décision de brevetage prise, l'innovateur est contraint, pour maintenir son titre en vigueur, de s'acquitter d'une taxe de renouvellement. Si une année, cette dernière n'est pas payée, le brevet est déchu. Les informations contenues dans sa demande tombent alors dans le domaine public. L'idée défendue dans cette section est que le maintien en vigueur du titre de propriété s'apparente à une option d'abandon.

Aussi, il convient de montrer (section 1.3.1.) que l'investissement en protection industrielle offre à l'innovateur une option d'abandon. Puis, l'intérêt se portera sur la manière dont l'analyse économique des brevets traite cette option (section 1.3.2.).

1.3.1 L'investissement en protection industrielle : une option d'abandon

L'investissement en protection industrielle se matérialise par l'acquittement annuel d'une taxe de renouvellement ayant pour finalité de maintenir le brevet en vigueur. Si une année, la taxe n'est pas payée, le brevet est déchu.

Cette section se propose de montrer que l'acquittement d'une taxe de renouvellement s'apparente à une option d'abandon. Aussi, convient-il d'établir que cet investissement est :

irréversible et soumis à des incertitudes (section 1.3.1.1.),

à l'origine d'opportunités (section 1.3.1.2.).

1.3.1.1. Les caractéristiques de l'investissement en protection industrielle

Le maintien en vigueur des droits d'exclusivité est lié, dans la majeure partie des systèmes de propriété industrielle, à l'acquittement annuel d'une taxe de renouvellement payable auprès de l'INPI. Ce paiement s'apparente à un investissement en protection industrielle ayant pour contrepartie le maintien en vigueur du brevet. Cet investissement en protection industrielle est irréversible⁵⁰ puisque les coûts de protection sont non seulement importants mais aussi irrécouvrables. En effet, les coûts français de préparation, de dépôt, d'exploitation et de renouvellement du brevet se montaient en 1996 à 36 740 FRF. Ils comprenaient 31 130 FRF de redevances de renouvellement (protection pour une durée de vingt ans), 4 500 FRF de redevances de recherche et 115 FRF par revendications supplémentaires au-delà de la dixième année (Rampft [1998])⁵¹.

Ces coûts d'entrée, jugés importants, peuvent avoir pour effet de dissuader les petites et moyennes entreprises d'utiliser ce mode de protection⁵². De plus, ils sont irrécouvrables puisque la suspension de la protection s'accompagne d'une perte substantielle des gains de l'innovateur. En effet, dès lors que l'innovation n'est plus protégée, elle tombe dans le domaine public. Elle peut donc être librement utilisée par la concurrence. Aussi, l'investissement en protection industrielle est irréversible. Chaque année l'innovateur doit se demander s'il renouvelle ou non son titre. Pour cela, il compare les gains que lui apporte la protection avec les coûts induits par cette dernière. L'irréversibilité (resp. la flexibilité) de la décision tient dans le non renouvellement (resp. le renouvellement) du titre.

Toutefois, les gains liés à la détention du titre ne sont pas connus avec certitude. L'incertitude à laquelle est soumis le breveté est relative :

au degré de sophistication de l'innovation sachant que son information quant aux applications et bénéfices ultérieurs est imparfaite. Les travaux de recherche interne permettent de diminuer cette incertitude,

à la menace d'imitation puisque la contrepartie du monopole temporaire accordé par le

⁵⁰ Cette irréversibilité est quelquefois partielle puisque le législateur prévoit la possibilité pour l'innovateur, s'il peut faire valoir une excuse légitime, d'obtenir la restauration du titre déchu (Art. 48 de la Loi de 1968). L'excuse légitime peut constituer, soit en une erreur dans le taux de taxes, la défaillance du mandataire qualifié, les difficultés de la société titulaire ou la maladie du propriétaire du brevet, soit en une perturbation d'origine externe (grève des postes, défaut d'avertissement de l'INPI).

⁵¹ Il convient néanmoins d'ajouter à ces coûts ceux de traduction dans le cas du brevet européen.

⁵² Le brevet américain est de un à trois fois moins cher que celui européen alors que les deux marchés sont comparables en volume et en valeur. Cette différence de coût s'explique par l'obligation de traduire le brevet européen en plusieurs langues alors qu'il n'en est rien pour celui américain.

brevet est la divulgation des connaissances technologiques. Les concurrents peuvent alors les mobiliser afin de mettre au point des applications semblables ou différentes. Cette incertitude peut être résorbée grâce aux activités de veilles technologiques et concurrentielles ou aux accords de licence⁵³.

Dans ce contexte, le breveté investit en protection industrielle afin de maintenir en vigueur un titre de propriété dont la valeur est incertaine. En effet, celle-ci dépend du degré de sophistication de la technologie ou de la capacité des concurrents à imiter l'innovation. Le maintien en vigueur de la protection offre à l'innovateur des opportunités d'exploitation (rentabilisation du titre), de croissance (valorisation) et stratégiques (exclusion d'un tiers de son exploitation).

1.3.1.2. L'origine des opportunités de l'investissement

Les opportunités d'exploitation émanent de l'octroi de licences ou de la vente de brevet. En accordant une licence d'exploitation, la firme innovante autorise un tiers, moyennant une rétribution financière, à exploiter sa découverte tout en conservant sa propriété. Le législateur prévoit plusieurs types de licences : les licences d'exploitation⁵⁴, les licences croisées, les licences de droits, les licences autoritaires, les licences de dépendance, les licences octroyées par l'autorité administrative.

La licence permet au détenteur du brevet de tirer des revenus directement de son propre marché et indirectement de celui exploité par le licencié. La rentabilisation directe provient de la perception de redevances permettant au breveté d'asseoir sa croissance et son développement⁵⁵ et pouvant prendre la forme d'un paiement d'accès à la technologie :

forfaitaire pour 13% des cas. Dans ce cas, les problèmes liés à la vérification des montants de production, à l'augmentation du coût marginal d'utilisation de la technologie du concurrent et transfert d'une partie du risque de marché sur son(s) licencié(s) sont évités (Macho-Stadler *et al* [1996]),

par unité vendue dans 39% des cas ce qui permet de réduire les asymétries informationnelles existant entre les agents (Gallini-Wright [1990], Macho-Stadler *et al* [1991]) ou lorsque le degré de profitabilité espéré de la nouvelle technologie des firmes est faible (Macho-Stadler *et al* [1996]).

⁵³ Les accords de licence permettent, en outre, des transferts de technologie (formation du licencié), la révélation de la structure de coûts du(es) concurrent(s) (choix d'un type de contrat).
comportant une fraction fixe et variable dans 46% des cas.

⁵⁴ 80% des inventions brevetées donne naissance à des licences d'exploitation.

⁵⁵ En guise d'illustration, considérons le cas de la société Innovatron créée par Roland Moréno l'inventeur de la carte à mémoire. En effet, depuis 1974, 192 entreprises lui versent une redevance lui rapportant au total environ 100 MF par an (Alary-Grall *et al* [1997]).

En revanche, la valorisation indirecte des licences émane :

des opportunités de tirer profit du marché du concurrent,

de la suppression des coûts de développement⁵⁶,

Toutefois, ces opportunités peuvent se révéler stratégiques étant donné que le détenteur d'un brevet peut en octroyant une licence :

éviter de se faire évincer du marché⁵⁷ (Crampes [1988]),

empêcher un concurrent de mener des activités de recherche⁵⁸ (Gallini [1984], Gallini-Winter [1985]),

contrôler la production du licencié⁵⁹ (Katz-Shapiro [1985], Macho-Stadler *et al* [1996]),

accroître ses motivations à investir en R&D (Ping Lin [1997]).

Les opportunités de croissance découlent de la description et de la définition de l'étendue des revendications. En étendant la protection à plusieurs pays ou en définissant une hauteur suffisamment élevée pour que le dépassement soit difficile, le breveté valorise son titre de propriété. En effet, l'augmentation du nombre de pays où la protection est en vigueur permet à la firme de se développer à l'international et donc d'acquérir des opportunités de croissance. De plus, si les conditions de nouveauté, que doivent

⁵⁶ Ainsi, dans le domaine des télécommunications, les brevets tels que ceux de Telecommunications Research & Development International (TRDI) ont permis à la firme de tirer profit du marché du concurrent. De plus, la suppression des coûts de développement a permis à la firme de tirer profit du marché du concurrent.

⁵⁷ Si la probabilité de découverte du concurrent est forte (resp. faible), le monopole a intérêt à (resp. à ne pas lui) proposer un contrat de licence. Les opportunités de croissance deviennent stratégiques.

⁵⁸ Si le détenteur du brevet n'a pas au bout de trois ou quatre ans exploité son titre alors le concurrent peut toujours obtenir auprès de l'autorité judiciaire une licence pour défaut d'exploitation (L. 1968 Art. 32 et ss.). De plus, s'il refuse de donner son accord au titulaire d'un brevet de perfectionnement alors la licence de dépendance accordée de façon autoritaire permet à ce

dernier de passer à l'action en contrefaçon, à la charge de l'innovateur (Art. L. 53.1.), vise la défense de

la propriété en appelant à réparation. La chronologie d'une action en contrefaçon est la suivante. La première étape consiste en l'identification d'un acte de contrefaçon⁶¹. La

seconde est celle de l'action en contrefaçon. Cela (qui est le cas de l'acte de contrefaçon) agit en contrefaçon

⁶⁰ Les actes de contrefaçon touchent une entreprise industrielle sur cinq de 50 salariés et plus. Les conséquences se chiffrent en un manque à gagner de 3% du chiffre d'affaires des entreprises contrefaites et en 30 000 emplois détruits.

⁶¹ La fréquence des délits est affectée par les décisions des agents concernant leurs activités et les instruments de précaution utilisés (Cooter-Rubinfeld [1989]).

(flexibilité décisionnelle) dispose d'un délai de trois ans (délai de prescription) et doit apporter la preuve de ses allégations. La décision d'intenter un procès en contrefaçon dépend des bénéfices anticipés et des coûts de litige (Cooter-Rubinfeld [1989], Lanjouw-Schankerman [1997]). Les résultats de l'action en contrefaçon (troisième étape) prennent la forme, soit d'une interdiction provisoire⁶², soit d'une condamnation définitive, soit de l'octroi d'une licence d'exploitation. Gagner un procès permet, outre la réception de gains monétaires, de bénéficier d'effets réputationnels (Lanjouw-Lerner [1997]).

L'identité du vainqueur dépend de la motivation des parties mesurée par la somme engagée dans le procès⁶³, de la manière dont la violation est survenue et du traitement par la cour des droits de propriété. La motivation des parties à gagner le procès dépend :

• du type d'agent (Pertoff-Rubinfeld [1987]),

• du montant des dommages compensatoires pouvant être infligés au défendeur (Cooter-Rubinfeld [1989]),

• de l'allocation des coûts légaux (Hause [1989]),

• de la sélection des actes de contrefaçon à poursuivre devant les tribunaux⁶⁴.

Dans ce contexte, le non renouvellement du brevet, symbolisant la déchéance du titre (désinvestissement⁶⁵), s'apparente à une option d'abandon. Cette dernière est exercée dès lors que les rendements sont inférieurs aux coûts de renouvellement. Néanmoins, se désengager d'un projet offre au décideur la possibilité d'investir dans un autre. Dans ce cas, le corollaire de l'option d'abandon est une option de croissance. Lorsque la valeur des opportunités associées à la réalisation d'un ou de plusieurs autre(s) investissement(s) est supérieure à la valeur des opportunités liées au brevet, alors l'option d'abandon doit être exercée. Cet aspect optionnel du problème est-il introduit dans les modèles de renouvellement ?

1.3.2 L'option d'abandon dans les modèles de renouvellement

⁶² Art. 59 de la Loi de 1968 adoptée en 1984 et révisée en 1990. **Déterminer une option d'abandon offre à l'innovateur la possibilité de suspendre temporairement ou irrévocablement son titre de propriété industrielle. L'objet des modèles**

⁶³ Si le défendeur investit plus que le plaignant dans un procès, sa probabilité subjective de remporter le procès est plus grande que celle du plaignant.

⁶⁴ Les processus de sélection peuvent être à l'origine d'erreurs de prédiction pouvant avoir un impact sur l'issue du procès (Priest-Klein [1984], Waldfogel [1995]).

⁶⁵ « Le désinvestissement est donc une opération par laquelle l'entreprise renonce à la détention de certains actifs pour récupérer des ressources engagées et les affecter différemment » (Bancel-Richard [1995], p.29). Parmi les principales motivations invoquées pour justifier d'un désinvestissement figurent l'insuffisance de la rentabilité d'un projet, des problèmes commerciaux ou financiers, une crise de maturité du secteur ou une concurrence devenue acharnée.

de renouvellement est de déterminer la durée de vie du brevet⁶⁶. Cette décision n'est pas prise une fois pour toute mais chaque année l'innovateur évalue les bénéfices que lui procure la protection par les brevets et les compare aux coûts. La majorité des modèles de renouvellement ne considère pas l'incertitude quant aux rendements futurs. A notre connaissance, seule la contribution de Pakes [1986] intègre cet aspect optionnel du problème. Aussi, les modèles de renouvellement en environnement certain seront présentés dans la section 1.3.2.1. La contribution de Pakes [1986] sera exposée dans la section 1.3.2.2.

1.3.2.1 Les modèles de renouvellement en environnement certain

A la base des modèles de renouvellement des brevets figure la valeur privée du brevet à savoir la somme que le breveté est disposé à payer pour maintenir en vigueur son titre (Schankerman-Pakes [1985], Lanjouw-Pakes-Putman [1996], Duguet-lung [1997], Schankerman [1998]). Ces modèles stipulent que la condition, pour qu'intervienne une décision de renouvellement du brevet d'âge a , est que les recettes annuelles $R(a)$ liées à la protection par les brevets couvrent au moins le coût de renouvellement $C(a)$. L'innovateur détermine la durée de vie D de son brevet avec $D \in]0,20]$ maximisant la

valeur actualisée des recettes nettes
$$V(T) = \sum_{a=1}^D \beta^a (R(a) - C(a))$$
 lorsque β

représente le taux d'actualisation et D^* l'âge limite au delà duquel le brevet ne peut plus être renouvelé.

Les bénéfices, supposés connus lors du dépôt de brevet, diminuent avec l'âge du brevet. Ils proviennent :

- des revenus directs issus de la cession des droits conférés par les brevets,
- des profits directs liés à son exploitation,
- de tous autres gains qui n'auraient pu être réalisés en l'absence de cette protection.

Le rendement initial R_0 d'une innovation est supposé décroître de façon géométrique avec le temps. L'expression de la fonction de rendements d'un brevet d'âge a à l'instant t est donnée par :

⁶⁶ La durée est l'instrument d'intervention le plus couramment abordé dans la théorie économique. Trop courte, elle risque de dissuader la recherche qui sera alors insuffisamment protégée ; trop longue, elle offre au titulaire d'un brevet une rente économique excessive le dissuadant d'approfondir et de continuer ses recherches.

$$R_{ja} = R_{j0} \prod_{t=1}^a (1 - \delta_{ja})$$

lorsque R_{ja} désigne le rendement provenant des applications du brevet après a années de protection et δ_{ja} le taux d'obsolescence. La fonction de densité (resp. répartition) de ces rendements est désignée par $f(q)$ (resp. $F(q)$) où q est un paramètre caractérisant le brevet, la firme ou l'industrie. La fonction de coût notée $C(a)$ est, quant à elle, une fonction croissante de l'âge a du brevet. Trois composantes la définissent (Kabla [1994]) :

· les frais d'enregistrement et d'entretien,

· les coûts liés à la défense des droits de propriété intellectuelle⁶⁷,

· les bénéfices retirés par la concurrence de la divulgation d'informations.

Trois critiques majeures peuvent être formulées à l'encontre de cette méthode :

· les coûts de renouvellement ne jouent qu'un faible rôle dans le processus de sélection (Schankerman [1991]),

· les hypothèses quant au degré d'information des titulaires de brevets doivent être levées puisque l'information évolue en fonction du temps en raison, soit de la veille technologique, soit des travaux de recherche interne,

· l'interdépendance des décisions et les opportunités offertes par le maintien en vigueur du titre sont omises.

L'introduction de l'aspect optionnel du problème a été réalisée par Pakes [1986].

1.3.2.2. Les modèles de renouvellement en environnement incertain

Pakes [1986] présente un modèle à arrêt optimal dans lequel les rendements provenant de la détention d'un brevet sont aléatoires. Selon lui, les rendements suivent un processus de Markov. aussi à l'âge a , la loi des rendements à l'âge $a + 1$ dépend :

⁶⁷ Les montants des honoraires d'un conseil pour la rédaction et le dépôt d'un brevet fluctuent entre 15 000 FRF et 30 000 FRF hors taxes (Martin [1996]). Les frais de litiges sont évalués à 65 000 FRF.

de l'âge a du brevet,

des paramètres du modèle ω_g .

Dans ce cadre, le brevet confère à l'agent un rendement courant auquel s'ajoute l'option de pouvoir le renouveler d'une année sur l'autre s'il le désire. La valeur de cette option est estimée à la valeur espérée des rendements conditionnellement à l'information Ω_a disponible l'année a , soit formellement :

$$\text{Valeur de l'option} = \frac{1}{(1+r)} E [V(a+1) / \Omega_a]$$

La règle de décision modifiée s'énonce en ces termes : il y aura renouvellement si la somme des rendements courants et de la valeur de l'option est supérieure au coût de renouvellement. La valeur privée du brevet $\bar{V}(a)$ admet pour expression :

$$\bar{V}(a) = \text{Max} \left\{ 0, R(a) + (1+r)^{-1} E[V(a+1) / \Omega_a] - C(a) \right\}$$

Par induction rétrospective, il est alors possible de calculer la suite $\{V(a)\}_{a=1}^{D^*}$ où D^* est la date optimale à partir de laquelle le brevet n'est plus renouvelé.

En résumé, pour maintenir son brevet en vigueur, l'innovateur investit en protection industrielle. Tant que la valeur des opportunités de croissance est inférieure à la valeur privée du titre, l'investissement est réalisé. Détenir un brevet offre à son détenteur la possibilité de suspendre sa protection (option d'abandon) et donc *in fine* l'option d'entreprendre de nouveaux investissements.

Pour détenir un brevet, la firme doit investir, dans un premier temps, en R&D afin d'innover, puis, dans un second temps, en propriété privée pour obtenir un brevet le plus haut possible et, dans un troisième temps, en protection industrielle afin de maintenir en vigueur le titre. Ces décisions d'investissement peuvent être respectivement conçues comme une option de croissance, d'exécution différée et d'abandon. Ainsi, la détention du brevet peut s'analyser comme un enchaînement de décisions d'investissements stratégiques. Cette analogie entre les options réelles et les décisions d'investissement est cependant inexacte. En effet, la concurrence sur un marché peut conduire les agents à investir plus tôt. Les investissements en R&D, propriété privée et protection industrielle appartiennent-ils à cette catégorie d'investissement ? La section suivante met l'accent sur

le caractère particulier de l'investissement afin de conserver secrète l'innovation.

2. L'investissement en protection privée : un investissement stratégique spécifique

L'investissement en R&D est poursuivi à moins que le retard dans la course de la firme ne soit trop important. La taxe de renouvellement est acquittée tant que le brevet ou le portefeuille de brevet est profitable. En revanche, l'investissement ayant pour objet de maintenir secrète l'innovation (propriété privée) est particulier. En réalité, il existe selon Pakes [1986], une tendance induite par le système des brevets à protéger l'innovation le plus tôt possible. Ce comportement découle de la menace concurrentielle. La crainte d'être devancé par un concurrent engagé dans un même axe de recherche conduit les innovateurs à le préempter par les brevets. Dans ce cas, cet investissement appartient à cette catégorie d'investissement où l'effet de report est fortement affaibli. Existe-t-il d'autres origines à la particularité de cet investissement ?

L'idée défendue dans cette section est que la tendance à préempter le(s) concurrent(s) résulte également de l'anticipation d'une information meilleure et/ou de son utilisation à des fins stratégiques. Il convient alors de montrer, dans un premier temps, en quoi l'anticipation d'un apport informationnel revêt parfois un caractère stratégique puis, dans un second temps, en quoi l'opportunité d'utiliser cet apport informationnel est à l'origine de barrières à l'entrée.

Montrer que l'anticipation d'une information meilleure et les opportunités ainsi créées dissuadent l'entrée revient à mettre en évidence l'antagonisme entre les *effets irréversibilité* et *stratégique*. En effet, si une firme anticipe une information meilleure, soit quant aux activités de recherche de son(es) concurrent(s) (activités de veille), soit en raison de l'avancement de ces travaux de recherche (accumulation de connaissances), alors elle est incitée à préempter son concurrent (choix de la décision irréversible). Dans ce cadre, l'*effet irréversibilité* s'inverse. Cette inversion de l'*effet irréversibilité* a pour conséquence de décourager l'entrée du(es) concurrent(s) (*effet stratégique*).

De plus, l'anticipation d'une information meilleure peut être utilisée à des fins stratégiques puisqu'elle offre l'opportunité d'orienter le(s) concurrent(s) sur des programmes de recherche non rentables. Dans ce cadre, l'inversion de l'*effet irréversibilité* est en fait un *effet stratégique*. Cette désinformation peut avoir pour conséquence, soit de décourager l'entrée, soit de la dissuader. Les opportunités offertes par cet apport informationnel créent donc des barrières à l'entrée. Aussi, le caractère particulier de l'option d'exécution différée provient de l'antagonisme entre les *effets irréversibilité* et *stratégique*.

L'organisation de cette section est la suivante. L'opposition entre les *effets irréversibilité* et *stratégique* sera mise en lumière dans le cadre de l' ϵ -*préemption* (section 2.1.) et de la *préemption complète* (section 2.2.).

2.1 L' ϵ -préemption

La littérature met en évidence plusieurs origines à l' ϵ -préemption parmi lesquelles :

la perfection et/ou complétude de l'information sur l'état de la technologie du concurrent

l'acquisition d'un stock de connaissances initiales supérieur à celui du(es) concurrent(s).

Connaître les stratégies (perfection de l'information) et l'état d'avancement des travaux des concurrents (complétude de l'information) permet à l'innovateur de connaître la date de l'innovation du(es) concurrent(s) et donc de breveter l'innovation à une date légèrement antérieure de celle de son concurrent. Cet apport informationnel provient des activités de veilles technologique et concurrentielle (section 2.1.1.) et de recherche interne (section 2.1.2.). De plus, l'innovateur peut avoir intérêt à diffuser ses informations technologiques dans le but notamment d'orienter son(es) concurrent(s) sur de mauvaises pistes (section 2.1.3.)

2.1.1 Les activités de veille : une recherche d'informations

La veille technologique regroupe les activités d'organisation, de collecte, d'analyse, de diffusion et d'exploitation des informations techniques utiles à la sauvegarde et à la croissance des entreprises, alors que la veille concurrentielle étudie les stratégies et avantages compétitifs des concurrents. Toutes deux ont pour vocation la collecte d'informations relatives à l'environnement économique de la firme afin :

de détecter les opportunités ultérieures,

de réduire l'incertitude quant à la date de l'innovation et l'identité du vainqueur.

Plus ces activités de veilles sont efficaces, plus l'information concernant la technologie et les activités des concurrents est totale.

Si la firme en place est en mesure d'anticiper la date à partir de laquelle son concurrent innove, alors elle est incitée à breveter son innovation à une date légèrement inférieure de celle de ses rivales. Ce problème a été étudié par Gilbert-Newberry [1982]. Ils présentent un modèle de duopole dans lequel deux firmes, $i = \{M, E\}$, un monopole vendant exclusivement le bien 1 et un entrant pouvant commercialiser le produit 2, sont engagées dans une course. Les biens $k = \{1, 2\}$ sont supposés substituables⁶⁸ et la demande connue avec certitude reste inchangée au cours du temps. La fonction de coût $CT(T)$, identique pour les deux firmes, est une fonction continue et décroissante de la date

⁶⁸ Si la firme en place en situation de monopole sur le premier bien innove, son profit est celui de monopole sur l'ensemble des deux marchés. Son prix de vente tient compte de la substituabilité entre les biens.

T de l'innovation. Le monopole, dont le seul choix stratégique est la préemption, dépose un brevet sur le bien substitué à la date $(T - \varepsilon)$ en dépensant $CT(T) + \delta(\varepsilon)$ avec $\varepsilon > 0$. Π_k^i

désigne le profit de la firme i si le(s) bien(s) k sont commercialisé(s). Ils montrent que si la date d'innovation du concurrent est connue avec certitude alors la firme en place est incitée à faire perdurer sa situation monopolistique.

Proposition de Gilbert-Newberry [1982] : Si $\Pi_{1,2}^M > \Pi_1^M + \Pi_2^E$, alors le

monopole en place préempte l'innovation au détriment de son concurrent. La situation de monopole perdure puisque la menace de préemption devient crédible.

Dans ce cas, les activités de veilles technologique et concurrentielle deviennent un enjeu majeur. En effet, détenir une information parfaite et complète peut conduire les firmes à opter pour la décision irréversible ; ce qui inverse l'*effet irréversibilité*. Ce résultat est-il toujours valide si l'arrivée d'information est endogène ?

2.1.2. La recherche interne : l'accumulation d'un stock de connaissance

Mener des activités de recherche interne (arrivée d'information endogène) confère une avance en terme d'expérience telle que le(s) concurrent(s) est(sont) incapable(s) de rattraper son(leur) retard technologique. Sachant que l'exploitation d'une technologie nécessite l'acquisition de compétences particulières, la constitution d'un stock de connaissances initial peut être à l'origine d'un avantage évalué en terme d'expérience. Il s'en suit que la firme dont le stock de connaissance initial est le plus faible n'est pas incitée à s'engager dans la course. Ce problème a été exposé par Fudenberg *et al* [1983 §2] dans le cadre d'une course au trésor. Ils montrent que, s'il n'existe aucun retard informationnel, une avance marginale en terme d'expérience est suffisante pour assurer la persistance du monopole indépendamment du caractère stochastique de l'innovation. Leur cadre analytique se présente comme suit.

L'accumulation de l'expérience, symbolisant la croissance de l'information, est telle que la firme, engagée dans la course, accumule une unité d'expérience par unité de temps. Ainsi, l'expérience totale de la firme i acquise à la date t - notée $\omega_i(t)$ - dépend du nombre de périodes dans l'intervalle de temps $[t_i, t]$

$$\omega_i(t) = \int_{t_i}^t e_i(\tau) d\tau$$

au cours duquel la firme s'est engagée dans la course, de la date t_i d'entrée dans la course et d'une variable $e_i(\tau)$ pouvant prendre deux valeurs :

1 s'il y a investissement en R&D,

0 sinon.

L'accumulation d'expérience, dont le taux est supposé indépendant du temps,

$h_i(\omega_i(t))$ de découvrir l'innovation au cours de l'intervalle de temps $[t, t+dt]$ sachant

qu'elle n'a pas été réalisée jusque là⁶⁹. Si à la période initiale, la firme i dispose d'une avance sur son concurrent

$$(h_i(t_0) > h_j(t_0)),$$

alors elle la conservera à la date

$$t \cdot (h_i(t) > h_j(t)).$$

Fudenberg *et al* [1983 §2] montrent que, si le retard du concurrent est trop important, alors la firme en place est en mesure d' ε -préempter son rival. Il existe alors un unique équilibre de Nash dans lequel le monopole en place se maintient jusqu'à ce que la découverte soit faite et l'entrant ne s'engage jamais dans la course.

Proposition de Fudenberg et al [1983 §2]: Il existe un unique équilibre parfait en sous jeux tel que le leader s'engage dans la course et l'entrant abandonne si :

la R&D est une activité viable lorsqu'une seule firme est engagée dans la course,

il n'est pas toujours profitable pour les deux firmes de s'engager en R&D,

le monopole en place s'est engagé dans la course avant son concurrent ($t_1 = 0 < t_2$)⁷⁰.

Dans ce contexte, l'anticipation d'une information meilleure en raison des travaux de recherche (accumulation de connaissances) inverse l'*effet irréversibilité*. Toutefois, choisir la décision irréversible (dépôt de brevet) peut avoir pour conséquence d'inciter la firme retardataire à opter pour la décision flexible dans la course à l'innovation (le non engagement). En effet, la courbe d'apprentissage est utilisée comme instrument de dissuasion à l'entrée dans 42% des cas. Cet *effet irréversibilité* inversé s'apparente-t-il à un *effet stratégique* ?

Concevoir l'*effet irréversibilité* inversé comme un *effet stratégique* revient à démontrer que les opportunités inhérentes à l'arrivée d'information (incitation à la préemption) ont pour finalité d'exclure un tiers de l'exploitation de la technologie en l'incitant à ne pas s'engager dans la course. Selon Gilbert-Newberry [1982], la firme en place est incitée à demander un brevet, même si elle ne l'utilise pas, pour empêcher l'entrant de devenir un concurrent potentiel. Dans ce cas, elle détient un *brevet dormant*⁷¹. La détention de tel brevet s'interprète comme le maintien d'une capacité excédentaire (barrière à l'entrée).

⁶⁹ En chimie, des groupes de composants sont parfois brevetés alors que certains Le temps d'attente suit donc une loi exponentielle.

⁷⁰ désigne la date d'engagement dans la course de la firme .

⁷¹ Une firme détient un *brevet dormant* lorsque la technologie protégée par ce dernier a été brevetée sans intention de l'exploiter afin de priver les firmes concurrentes d'opportunités potentielles.

produits ne sont que des substituts. L'objectif de l'innovateur est, soit de se protéger efficacement contre l'imitation, soit d'empêcher le concurrent de déterminer la composition exacte de la matière colorante. En effet, dans la mesure où des effets désirables identiques peuvent être obtenus à partir de toute une famille de molécules, l'innovateur est contraint pour se protéger efficacement contre l'imitation de détenir toute la famille de molécules même si seulement une d'entre elles est exploitée. De plus, en brevetant des groupes de composants, il accroît les coûts des activités de recherche de ses concurrents (Arora [1997]). Cette stratégie est utilisée lorsque l'innovation :

1. s'inscrit comme l'une des étapes d'un processus technologique complexe,

2. est jointe à une tierce technologie c'est-à-dire lorsque l'innovateur détient un portefeuille de brevets.

Ces informations acquises grâce aux activités, soit de veille, soit de recherche interne peuvent toutefois être utilisées à des fins stratégiques. L'*effet irréversibilité* devient-il un *effet stratégique* ?

2.1.3 La désinformation : l'utilisation stratégique des informations

Faire de l'*effet irréversibilité* un *effet stratégique* revient pour l'innovateur à utiliser les informations technologiques contenues dans la demande de brevet à des fins stratégiques. Néanmoins, le détenteur d'une innovation peut-il avoir intérêt à divulguer ses connaissances ? Quels sont alors ses objectifs ? Une firme peut avoir intérêt à divulguer ses connaissances technologiques afin de contrôler la diffusion (section 2.1.3.1.) et/ou d'utiliser stratégiquement le rythme de diffusion des innovations (section 2.1.3.2.).

2.1.3.1 Le contrôle de la diffusion

Les externalités technologiques sont des informations utilisables par la concurrence dans la production d'applications semblables ou différentes. Elles résultent de l'étude des demandes de brevet par les concurrents, de publications, de l'embauche de chercheurs ou par reconstitution du produit ou procédé de fabrication (*reverse engineering*). Néanmoins, l'innovateur peut avoir intérêt à divulguer ses connaissances technologiques.

DeFraja [1993] intègre, dans un modèle de course au brevet sans mémoire, l'appropriation imparfaite des bénéfices de R&D afin de montrer que l'innovateur peut avoir intérêt à divulguer ses connaissances technologiques en l'absence même de compensations directes. Le cadre d'analyse retenu est le suivant. Deux firmes identiques $i = \{1,2\}$, engagées dans une course, choisissent un montant d'effort de R&D noté $X_i = x_i + \beta_i x_{i-1}$ où β_i correspond au degré d'externalités technologiques de la firme $i \cdot (0 \leq \beta \leq 1)$. La divulgation des connaissances technologiques profite directement

aux firmes concurrentes, d'une part, en augmentant leur probabilité de découverte et, d'autre part, en diminuant leurs coûts de production de R&D. La probabilité qu'en t,

aucune firme n'ait innové, est donnée par $\frac{1}{2} \{ -[(x_i + \beta_{-i} x_{-i}) + (x_{-i} + \beta_i x_i)] \}$

Les gains du monopole, s'il remporte la course, se composent d'un profit direct lié à la détention du brevet V auquel s'ajoute un profit indirect découlant des externalités technologiques en provenance de la concurrence ($\beta_i W$). En revanche, s'il y a dépassement, le monopole en place perçoit un profit W (gains du perdant) et un profit indirect dû aux externalités technologiques. Les fonctions de coûts supposées quadratiques sont données par

$$CT(x_i) = \frac{1}{2} c(x_i)^2$$

paiements du joueur i est :

$$E(\Pi_i) = \frac{(V + \beta_{-i} W)x_i + (W + \beta_i V)x_{-i} - \frac{1}{2} c(x_i)^2}{r + (1 + \beta_i)x_i + (1 + \beta_{-i})x_{-i}}$$

Les conditions d'équilibre sont résumées dans la proposition suivante.

Proposition de DeFraja [1993] : Si :

$c \leq \frac{(V - W)^2}{2rW}$, alors en l'absence de diffusion des connaissances il existe deux

équilibres de Nash symétriques en stratégies pures,

$\frac{(V - W)^2}{2rW} \leq c \leq \frac{3(V - W)^2}{2rW}$, il existe deux équilibres de Nash asymétriques en

stratégies pures (x_i^*, x_{-i}^*) et (x_{-i}^*, x_i^*) avec $x_i^* < x_{-i}^*$. L'équilibre (x_i^*, x_{-i}^*)

est tel que le monopole (resp. l'entrant) ne diffuse pas (resp. diffuse) ses connaissances,

$\frac{3(V - W)^2}{2rW} < c < c^*$, avec $c^* = \frac{[3V + W + \sqrt{(3V + W)^2 + 20VW}](V - W)^2}{4VWr}$

, alors il existe trois équilibres de Nash en stratégies pures : les deux équilibres asymétriques décrits précédemment et celui de diffusion totale,

• $c \geq c^*$, il existe un équilibre de Nash en stratégies pures caractérisant la diffusion

totale.

Si le monopole en place décide de désinformer ses concurrents ($\beta_i < 0$), les résultats de la proposition de DeFraja [1993] demeurent valides. Ainsi, pour une valeur de c suffisamment grande, les firmes ont toujours intérêt à diffuser leurs connaissances. Une des raisons invoquées pour justifier la désinformation du(es) concurrent(s) tient dans la volonté d'orienter les concurrents sur des pistes non rentables.

2.1.3.2 L'utilisation stratégique du rythme de diffusion

L'intérêt pour une firme d'utiliser stratégiquement la diffusion de ses connaissances a été mis en lumière par Langinier [1997 chap. 3]. Elle présente un modèle de course à l'innovation et/ou à l'amélioration dans laquelle sont engagées deux firmes, un monopole en place et un entrant. La situation concurrentielle se résume ainsi : le leader possède une avance technologique et informationnelle sur son concurrent. L'avance technologique tient dans le franchissement de la première étape (phase de recherche) par opposition à l'entrant qui n'a fait aucune découverte. L'avance informationnelle a trait à l'asymétrie informationnelle quant à la valeur de l'innovation puisque, seul, le détenteur de l'innovation sait si cette dernière est améliorable avec succès ou non. Le suiveur, moins informé que le leader, a une distribution de probabilités *a priori* sur la valeur de l'information.

Le monopole choisit entre deux modes de protection industrielle : le secret et le brevet. Après avoir observé le comportement du leader, l'entrant choisit entre, soit s'engager dans la course, soit abandonner. La préemption par les brevets est alors motivée par la volonté de décourager le concurrent de poursuivre la course ou de le désinformer en l'orientant vers des programmes de recherche peu rentables. Le concept d'équilibre retenu est celui d'équilibre bayésien parfait.

En comparant les dépenses optimales des acteurs, Langinier [1997] met en évidence plusieurs conclusions :

• la menace concurrentielle a pour conséquence d'augmenter le montant des dépenses de R&D engagées par le leader⁷² quelque soit l'étape de la course,

• les niveaux d'efforts fournis lors de la course à l'innovation sont plus faibles que ceux fournis au cours de la course à l'amélioration,

• l'avance technologique d'une firme a pour conséquence d'augmenter ses dépenses en

⁷² R&D En effet, en l'absence de menace d'entrée, le monopole en place est incité à investir faiblement. En revanche, la menace concurrentielle le contraint à investir rapidement pour préempter l'entrant.

Les résultats de Langinier [1997] sont rassemblés dans les propositions suivantes.

Proposition 1 : En information parfaite, la décision du monopole en place (resp. de l'entrant) choisie à l'équilibre est de conserver l'innovation secrète (resp. continuer la course) si l'innovation est améliorable. Inversement, si l'innovation est non améliorable, le leader opte pour le brevet et le suiveur abandonne la course. La possibilité pour le monopole en place d'user de son avantage informationnel dépend de sa décision de première période (brevet ou secret) et du supplément de valeur conféré par un brevet haut (binôme innovation-amélioration) par rapport à la somme de deux brevets bas (l'innovation seule puis l'amélioration seule). De là se déduisent les propositions 2 et 3.

Proposition 2 : Si la menace concurrentielle n'exerce que peu d'influence sur le montant des dépenses engagées dans la course par le leader et si le gain brut provenant de la détention du brevet haut est nettement supérieur à la somme des gains bruts issus des deux brevets bas, alors il existe un équilibre séparateur dans lequel le monopole en place choisit comme mode de protection le brevet (resp. le secret) si l'innovation est non améliorable (resp. améliorable).

Proposition 3 : Si la menace concurrentielle incite l'innovateur à accroître ses dépenses en R&D et si le profit brut provenant de la détention du brevet haut est peu différent de celui des deux brevets bas alors :

- si l'entrant est pessimiste, il existe un équilibre mélangeant où le leader choisit toujours le secret comme mode de protection et le suiveur abandonne la course,
- si l'entrant est optimiste, il existe un équilibre semi-séparateur dans lequel le monopole en place opte toujours pour le brevet si son innovation est non améliorable et agit de manière aléatoire dans le cas contraire.

La décision optimale du concurrent est alors, soit d'agir de façon aléatoire s'il observe un brevet, soit de continuer la course s'il n'observe rien.

En résumé, l'*effet irréversibilité* devient *stratégique* lorsqu'il y a ε -*préemption* puisque le concurrent n'est pas incité à s'engager dans la course. Pour cela, le monopole en place mènera des activités de veilles technologique, concurrentielle et/ou de recherche interne afin de breveter son innovation le plus rapidement possible. De plus, en divulguant les informations technologiques contenues dans la demande de brevet, l'innovateur est à même de contrôler et d'utiliser stratégiquement les informations contenues dans la demande de brevet. Ainsi, l'incitation à breveter l'innovation à une étape prématurée découle également de l'utilisation de la divulgation des connaissances technologiques.

2.2. La préemption complète

La préemption complète désigne la capacité d'une firme à contraindre son concurrent à abandonner la course. L'idée défendue dans cette section est que l'effet irréversibilité inversé (préemption par les brevets) peut devenir ultérieurement stratégique notamment lorsqu'un agent engagé dans la course abandonne. Cela suppose que les efforts des firmes varient d'une période à l'autre. Cette hypothèse est-elle réalisable en matière de course à l'innovation ? Dans la mesure où le processus d'innovation est séquentiel, les firmes engagées dans la course peuvent être amenées à modifier leur comportement en fonction du temps. De quels moyens disposent-elles pour inciter le(s) concurrent(s) à abandonner la course. La volonté de réduire l'incomplétude de l'information et d'accroître le stock de connaissances sont les principales motivations.

Aussi, après avoir montré que la séquentialité du processus d'innovation pouvait être à l'origine de la modification des efforts de recherche des agents (section 2.2.1.), il convient de présenter les moyens d'actions dont disposent les firmes pour contraindre un concurrent à abandonner la course (section 2.2.2.).

2.2.1. La séquentialité du processus d'innovation

Le processus de R&D se compose d'une phase de recherche ayant pour objet la spécification en termes de caractéristiques du(des) produit(s) et une phase de développement visant la valorisation du(des) produit(s) retenu(s). Ainsi, chaque firme doit franchir deux phases aléatoires : une phase préliminaire⁷³ et une phase d'innovation⁷⁴. Sachant que le franchissement de la première étape est indispensable pour que commence la seconde, l'entrant a alors l'opportunité de dépasser la firme en place. Se pose alors la question des modifications du comportement des firmes engagées dans la course en fonction du temps.

La considération de la séquentialité du processus d'innovation permet d'intégrer dans les modèles de course au brevet, d'une part, les variations des efforts de recherche d'une période à l'autre et, d'autre part, les possibilités de rattrapage technologique et/ou de dépassement. Dans ce cadre, l'incitation du concurrent à abandonner la course (effet stratégique) consécutivement à l'effet irréversibilité inversé sera d'autant plus forte que :

la course à la R&D se rapproche de la phase ultime (section 2.2.1.1.),

l'écart entre les concurrents est important (section 2.2.1.2.).

2.2.1.1 L'évolution de la course et comportement des acteurs

Les efforts de recherche des agents varient en fonction de l'évolution de la course. Aussi, plus l'effet irréversibilité inversé (dépôt de brevet) est fort, plus l'effet stratégique est important. Ce problème a été abordé par Grossman-Shapiro [1987].

⁷³ La phase préliminaire correspond par exemple à la définition d'un programme de recherche ou la découverte d'une formule.

⁷⁴ Le franchissement de la phase de l'innovation proprement dite peut donner lieu à un brevet.

Deux firmes, supposées neutres au risque, sont engagées dans une course à deux étapes de même difficulté où le franchissement de la phase intermédiaire (première étape) est indispensable pour gagner la course et obtenir le brevet de valeur V . A chaque stade, les firmes décident, soit de rester dans la course, soit d'abandonner. Le montant des dépenses en R&D dépend non seulement de la position de la firme dans la course mais aussi de celle de son concurrent. Le coût du maintien dans la course dépend :

du coût fixe F par unités de temps,

du taux de hasard $h_{i,k}(x_i)$ désignant la probabilité instantanée de la firme i de faire la découverte lorsqu'elle se situe à l'étape j et que son concurrent est à l'étape k ⁷⁵.

Les firmes choisissent le montant investi en R&D de manière à maximiser leur profit espéré escompté $V_{j,k}$. L'équilibre recherché est celui de Nash parfait en sous-jeux. Trois situations peuvent être mises en évidence :

si les deux firmes franchissent seulement la première étape, leur gain est donné par

$$V_{11} = \frac{(h_{11}V - x_i)}{(r + h_{11} + h_{11})}$$

si seule la firme i atteint la première étape, alors ses gains espérés sont :

–

si la firme i est en avance

$$V_{10} = \frac{(h_{10}V + h_{01}V_{11} - x_i)}{(r + h_{10} + h_{01})}$$

–

si la firme $-i$ est en avance

$$V_{01} = \frac{(h_{01}V_{11} - x_i)}{(r + h_{10} + h_{01})}$$

si la phase intermédiaire n'est franchie par aucune firme, l'expression de la valeur

⁷⁵ Le monopole et l'entrant sont engagés dans la première (resp. deuxième) phase lorsque (resp.). En revanche, si le monopole (resp. l'entrant) a franchi la première étape, alors (resp.).

$$V_{00} = \frac{(h_{00}V_{10} + h_{00}V_{01} - x_i)}{(r + h_{00} + h_{00})}$$

Le comportement des acteurs se déduit du déroulement de la course. Ainsi,

plus la course à la R&D se rapproche de la phase ultime, plus la concurrence s'intensifie ; se dégage alors un *effet technologique pur*. En effet, dans la mesure où le coût de la recherche est une fonction croissante de la probabilité de découverte, les niveaux d'efforts de départ sont plus faibles que ceux fournis à la fin du processus de R&D.

l'avance technologique d'une entreprise la conduit à accroître ses efforts de R&D ; émerge dans ce cas un *effet concurrence*. L'entrant conscient, non seulement de son retard technologique mais aussi de l'augmentation de l'incitation à innover du monopole, opte pour un désengagement progressif de la course.

le rattrapage technologique du concurrent (franchissement de l'étape intermédiaire) a pour conséquence d'accroître les efforts de R&D du monopole.

Proposition de Grossman-Shapiro [1987] : La *menace concurrentielle* ($h_{11} > h_{10}$) due au rattrapage technologique de l'entrant a pour effet d'augmenter l'incitation à innover du monopole en place ($V_{11} < V_{10}$). En revanche, l'*effet technologique pur* couplé au retard technologique d'une des firmes a pour conséquence de diminuer l'effort de R&D ($h_{10} > h_{01}$). Et enfin, si les deux firmes sont à égalité, la concurrence devient plus intense à l'étape intermédiaire par rapport à celle initiale ($h_{11} > h_{00}$).

Ainsi, l'*effet concurrence* (resp. l'*effet technologique*) joue en faveur de la situation de préemption (resp. dépassement). Toutefois, dès lors qu'il y a préemption ou dépassement, il y a augmentation des écarts technologiques. Cette dernière est-elle à l'origine d'un effet stratégique ?

2.2.1.2 Les écarts technologiques et comportement des acteurs

Montrer que l'effet irréversibilité inversé favorise l'effet stratégique revient à montrer que l'accroissement des retards technologiques en raison de l'accélération de la course est à l'origine de la préemption complète. Cette idée a été développée par Harris-Vickers [1987] dans trois situations :

la compétition en R&D,

la course à une étape⁷⁶,

la course à étapes multiples.

Deux firmes $i = \{1,2\}$ sont engagées dans une course au brevet où N désigne les états de concurrence réalisables et n les étapes avec $0 \leq n \leq N$. L'information est supposée

$$0 \leq n \leq N$$

parfaite et complète. Si x_i (avec $x_i > 0$ ⁷⁷) caractérise le taux d'effort choisi par la firme i , la durée d'attente T_i avant que i ne termine le processus de R&D est distribuée selon une loi exponentielle de paramètre x_i . Il s'en suit que la durée d'attente⁷⁸ T , avec $T = \min\{T_i, T_{-i}\}$, suit une loi exponentielle de paramètre $x_i + x_{-i}$, avec $x_i + x_{-i} > 0$. Les fonctions de coûts, supposées identiques, sont des fonctions croissantes du montant x_i investi en R&D. Les gains du monopole et de l'entrant, s'ils terminent seuls la course (resp. s'ils ne la terminent pas), sont désignés par V^+ et W^+ (resp. V^- et W^-)⁷⁹.

S'il y a compétition en R&D, l'expression des bénéfices espérés des deux acteurs est donnée par :

$$\Pi_1(x_1, x_2) = \frac{x_1}{x_1 + x_2} V^+ + \frac{x_2}{x_1 + x_2} V^- - \frac{CT_1(x_1)}{x_1 + x_2}$$

$$\Pi_2(x_1, x_2) = \frac{x_1}{x_1 + x_2} W^- + \frac{x_2}{x_1 + x_2} W^+ - \frac{CT_2(x_2)}{x_1 + x_2}$$

La résolution du problème d'optimisation conduit à un unique équilibre de Nash pur dans lequel l'effort α du monopole est supérieur à celui de l'entrant.

Si la course est à une étape, l'expression des gains, si les joueurs choisissent leur taux d'effort x_n et y_n ainsi que les flux de coûts correspondant, est donnée par :

$$V_n = \frac{(x_n V_n + y_n V_{n-1} - c_1(x_n))}{x_n + y_n} \dots \text{et} \dots W_n = \frac{(x_n W_{n-1} + y_n W_n - c_2(y_n))}{x_n + y_n}$$

⁷⁶ La course acharnée à une dimension est telle que l'écart entre les joueurs mesure l'état de la concurrence.

⁷⁷ Si, alors la firme ne termine jamais.

⁷⁸ La durée d'attente représente le temps d'attente avant que la première amélioration soit effectuée.

⁷⁹ Si la course n'est terminée par aucun des joueurs, les gains sont nuls.

Si la course est à étapes multiples, les concurrents choisissent un couple (n,m) où n (resp. m) représente la distance restant à parcourir du leader (resp. du suiveur) pour atteindre la ligne d'arrivée. Plus le retard d'une firme est important, plus sa motivation à investir est faible.

Proposition de Harris-Vickers [1987] : A l'équilibre⁸⁰ :

· s'il y a compétition en R&D, l'effort du leader est supérieur à celui du suiveur ($x_n > y_n$),

· si la course est une course à une étape, l'effort du suiveur diminue lorsque l'écart entre les joueurs augmente ($y_{n+1} < y_n$),

dans une course à étapes multiples, la motivation à investir est d'autant plus faible que le retard technologique est grand (si $x_n < x_{n-1}$ alors $x_{n+1} \leq x_n$).

L'impossibilité pour un agent à rattraper son retard technologique peut avoir pour effet de diminuer son incitation à investir en R&D et donc à poursuivre la course. De quels moyens la firme dispose-t-elle pour accélérer le rythme de la course ?

2.2.2 Les facteurs favorisant l'accélération de la course

L'accélération de la course technologique peut se réaliser au travers, soit :

· des activités de veille technologique qui permettent au décideur de réduire l'incomplétude de l'information,

· des activités de recherche interne qui lui permettent d'accumuler un stock de connaissances et de savoir-faire afin d'innover.

Aussi, après avoir montré dans quelle mesure les activités de veille technologique peuvent être à l'origine de l'accélération de la course (section 2.2.2.1.), les relations entre l'augmentation des retards technologiques et le comportement des acteurs seront mises en lumière (section 2.2.2.2.).

2.2.2.1 Les activités de veille : une diminution de l'incomplétude de l'information

L'incomplétude de l'information est la conséquence de retards informationnels. Ces derniers se définissent comme les délais nécessaires avant qu'une firme soit à même d'observer correctement le comportement de son(es) concurrent(s). L'absence de retard informationnel permet « **au leader d'être sûr de ne pas se faire doubler** »

⁸⁰ Si et .

(Guesnerie-Tirole [1985], p. 862) ; par conséquent, la firme en place est en mesure de préempter l'entrant par les brevets⁸¹. Toutefois, il existe une asymétrie informationnelle quant aux activités de recherche des concurrents telle que chaque firme fixe le niveau de son effort indépendamment de celui de son(es) concurrent(s). Dans ce cadre, un entrant ayant innové peut alors fort bien conserver secrètes ses avancées. Aussi, la firme en place, craignant d'être rattrapée et/ou dépassée, accélère le rythme de la course et donc à terme à accroître les écarts technologiques entre les concurrents en lice. Cette situation a été modélisée par Fudenberg *et al* [1983 § 4].

Deux firmes, engagées dans une course au brevet à ligne d'arrivée fixe⁸², choisissent un niveau d'effort parmi les trois possibles $e_i = \{0,1,2\}$. Les coûts de R&D correspondants sont donnés par $c_i = \{0,c_1,c_2\}$. L'issue de la course dépend de l'importance des retards technologiques accumulés par l'entrant. Le comportement des concurrents se résume ainsi.

Proposition de Fudenberg et al [1983 §4] : Trois situations, fonction de l'importance du retard informationnel, se dégagent :

• si le retard d'expérience du suiveur excède deux unités, il abandonne la course,

• si ce retard est évalué à une unité et si l'issue de la course est proche, l'équilibre est un équilibre en stratégies mixtes,

• si les firmes sont à égalité, la concurrence se durcit.

Aussi, investir immédiatement en R&D c'est-à-dire accumuler des connaissances par recherche interne offre à l'innovateur la possibilité d'accroître l'écart technologique entre les agents afin d'être sûr de ne pas se faire doubler. L'*effet irréversibilité* inversé immédiat devient ultérieurement *stratégique*.

2.2.2.2. Les activités de recherche interne : l'accumulation de connaissances

Mener aujourd'hui des activités de recherche offre à la firme la possibilité d'innover, soit aujourd'hui, soit ultérieurement. L'aboutissement des activités de recherche peut être assimilé à des sauts technologiques.

Les modèles de course technologique (Fudenberg *et al* [1983] §3, Lippman-MacCardle [1988]⁸³) aborde ce problème du point de vue de l'entrant en étudiant

⁸¹ Les résultats de la préemption complète sont très sensibles à l'hypothèse d'absence de retards informationnels. En effet, s'il est seul en lice, le monopole en place investit relativement. En revanche, la concurrence l'incite à accroître le rythme d'innovation et *a fortiori* l'écart technologique entre les agents.

⁸² Pour innover, la firme doit accumuler unités d'expérience.

⁸³ Ces derniers aboutissent en considérant le caractère aléatoire de l'accumulation des connaissances aux mêmes résultats que Fudenberg *et al* [1983] § 3.

sa capacité en accumulant suffisamment d'expérience, soit de rattraper le monopole en place (situation de *step-by-step*), soit de le dépasser (situation de *leapfrogging*)⁸⁴. Ces modèles considèrent deux firmes $i = \{1,2\}$ engagées dans une course au brevet. Les possibilités de dépassements sont à l'origine d'accroissements discontinus et discrets de la probabilité instantanée de découverte au cours de l'intervalle de temps dt . Afin d'explicitier les enjeux liés aux sauts technologiques, le modèle de Fudenberg *et al* [1983] §3 sera présenté.

Ces probabilités de première et seconde étape, notées respectivement $\mu(\cdot)$ et $\theta(\cdot)$ ⁸⁵, dépendent de l'accumulation de connaissances $\omega_i^j(t)$ de la firme i à la période j . La

firme, la première engagée dans la course, dispose d'une avance en terme d'expérience ($\omega_1^1(t) > \omega_2^1(t)$). Toutefois, l'entrant peut, en découvrant l'innovation préliminaire avec

une probabilité $\mu_2(t)$, dépasser la firme en place. Etant donné que les probabilités de succès de seconde période suivent un processus de Poisson à sauts discrets, la probabilité de l'entrant de remporter la seconde étape est notée $\theta(0)$ ⁸⁶. L'innovation, à la seconde étape, dépend de l'accumulation de première période d'un niveau d'expérience minimal noté \square_1 au coût c , *i.e.* coût de recherche de la firme i à la période j . En désignant par \square_1 la date où le monopole franchit l'étape préliminaire et t_2 celle où l'entrant s'engage dans la course, les conditions d'équilibre sont résumées par la proposition suivante.

Proposition de Fudenberg et al [1983] : à l'équilibre de Nash, le monopole en place poursuit ses activités de recherche à moins que son concurrent ne franchisse l'étape préliminaire avant \square_1 . La stratégie de l'entrant consiste, soit à abandonner la course au départ, soit à poursuivre ses activités de R&D jusqu'en \square_1 , soit à continuer ses activités de R&D à moins que le monopole innove avant $\square_1 + t_2$.

Toutefois, dans la mesure où le processus d'innovation du monopole en place est également un processus à sauts discrets, il est possible de transposer cette étude au cas de la firme en place. Deux configurations peuvent survenir :

si le monopole innove avant l'engagement de l'entrant, alors le concurrent, voyant son retard augmenté, décide de ne pas s'engager dans la course (il y a *ε -préemption*),

si la firme en place innove après que l'entrant se soit engagé dans la course, alors le leader augmente le retard technologique de l'entrant et *a fortiori* l'incite à abandonner la

⁸⁴ Sachant que l'innovateur acquiert une connaissance tacite qui ne peut être dupliquée sans un engagement préalable dans un programme de recherche, la condition préalable au dépassement est le rattrapage technologique (Aghion-Howitt [1998]).

⁸⁵ La probabilité (resp.) est une fonction croissante (resp. constante) du taux d'accumulation de connaissance.

⁸⁶ Modéliser l'acquisition des connaissances à partir d'un processus de poisson à sauts discrets permet de prendre en compte le caractère discontinu du processus d'innovation.

course.

En innovant, la firme en place :

1. accélère le rythme de diffusion des innovations,
2. augmente le retard technologique de son concurrent.

L'accumulation des connaissances par recherche interne permet aux firmes de décourager les rivaux dans la mesure où :

1. le rythme de diffusion des innovations se trouve accéléré,
2. le retard technologique de son concurrent s'est accru.

Ainsi, l'analogie entre l'option d'exécution différée et l'investissement en protection privée est inexacte. En effet, les innovateurs sont incités à breveter leur(s) découverte le plus tôt possible.

Conclusion du chapitre liminaire

Le cycle de vie du brevet se caractérise par trois étapes : un investissement en R&D offrant à l'innovateur des opportunités d'expansion, un investissement en vue d'une propriété privée offrant à l'innovateur une option d'exécution différée et un investissement en renouvellement nécessaire au maintien du titre en vigueur. L'option d'exécution différée c'est-à-dire la possibilité pour un innovateur de conserver son innovation secrète est parfois rapidement exercée. En effet, la concurrence incite les décideurs à breveter leur(s) innovation(s) le plus tôt possible. Le problème du décideur est alors de savoir s'il doit ou non l'exercer.

La date de dépôt du brevet et par conséquent la durée de vie se déduisent d'un modèle de renouvellement intégrant les opportunités offertes par le titre à savoir les opportunités d'exploitation, de croissance ou stratégiques. Une analyse de statique comparative permettra de mettre en lumière la façon dont ces opportunités modifient les décisions de renouvellement. Aussi, il s'agit de s'interroger sur l'efficacité du système des brevets c'est-à-dire sa capacité à inciter les innovateurs à l'utiliser. Deux types d'opportunités seront distinguées : celles de rentabilisation (chapitre premier) et celles de défense (chapitre second).

Deux voies de rentabilisation de l'innovation seront considérées : l'étendue des revendications qui se définissent au moment de la date de dépôt et les licences d'exploitation pouvant être octroyées, soit au moment de la demande, soit au cours de la

détention du brevet. L'objectif de ces études est d'isoler les conséquences :

- des erreurs d'appréciation quant aux applications et bénéfices pouvant être ultérieurement perçus,

- de l'utilisation des licences à des fins stratégiques.

Toutefois, seulement 21% des firmes déposantes avouent breveter une innovation afin de rentabiliser les fonds investis en R&D. Aussi, sachant que 93% des firmes considèrent le brevet comme un instrument de dissuasion à l'entrée, il convient d'évaluer le poids, d'une part, de l'imitation et, d'autre part, de la défense des titres de propriété sur les décisions de renouvellement.

Défendre un brevet nécessite d'investir en détection de contrefaçon et d'assigner celui qui est considéré comme contrefacteur en justice. Or cette stratégie de protection technologique est coûteuse. Il s'agit d'évaluer le poids des coûts de détection de contrefaçon, des frais de justice, de l'issue du procès et des délais de règlement de conflit sur les décisions de renouvellement. Les difficultés liées à la détection de la contrefaçon et l'insuffisance des peines en cas de condamnation conduisent-elles l'innovateur à exercer rapidement l'option d'exécution différée ?

Si les objectifs de rentabilisation de l'innovation et de défense des droits du breveté concluent à l'exercice de l'option d'exécution différée, alors le système des brevets est toujours efficient. En revanche, si l'un de ces deux objectifs conduit l'innovateur à breveter sa découverte à une étape prématurée du processus d'innovation tandis que l'autre l'incite à la conserver secrète alors la question de l'efficacité du système des brevets doit être posée (chapitre troisième). L'évaluation de l'efficacité d'un mode de protection tient dans la comparaison des capacités des systèmes de protection à dissuader l'entrée. Le mode de protection le plus efficace sera celui qui dissuade l'entrée alors que l'autre l'autorise.

Chapitre 1 : Modèles de renouvellement et Décisions d'investissement en propriété industrielle

Introduction

Les modèles de renouvellement se proposent d'estimer la valeur privée des brevets à partir du comportement économique des innovateurs. Dès lors, il est possible d'en déduire la durée optimale du titre à savoir la date à partir de laquelle l'innovateur doit cesser d'acquitter la taxe de renouvellement. Cette approche a pour mérite :

- de fournir une mesure directe des avantages privés résultant de la protection assurée par le brevet,

- d'évaluer le rôle du système des brevets en tant qu'incitation à l'innovation.

Dans la mesure où, dans ce cadre, le brevet est renouvelé dès lors que la valeur privée

est positive, se trouvent alors exclus de l'analyse les brevets non rentables. Or 70% des brevets coûtent de l'argent. C'est pourquoi les modèles de renouvellement ne peuvent rendre compte du comportement de la majorité des innovateurs. Ce chapitre se propose de déterminer la date d'exercice de l'option d'abandon (durée de vie optimale du brevet) en mobilisant la théorie des options afin de justifier la tendance des innovateurs à :

- protéger leurs innovations le plus tôt possible,

- maintenir le titre de propriété pour une durée plus longue.

Mobiliser la théorie des options permet de parer ce problème dans la mesure où la non rentabilité immédiate peut être contrebalancée par une rentabilité différée. Ainsi, la transposition des modèles d'options réelles aux modèles de renouvellement des brevets nécessite de distinguer plusieurs configurations :

- si le titre de propriété est non breveté, alors la valeur du brevet est évaluée au coût d'opportunité induit par la non protection de l'innovation,

- si le titre est breveté, la valeur du brevet est égale à la somme des flux courants d'exploitation et des opportunités futures. Ces dernières prennent la forme :

- d'opportunités d'exploitation avec notamment l'octroi de licences ou la vente de brevet,

- d'opportunités de croissance puisque l'innovation doit être décrite et l'étendue définie,

- d'opportunités stratégiques c'est-à-dire de l'utilisation des opportunités d'exploitation et/ou de croissance dans le but d'exclure un tiers de l'innovation.

Dans ce cadre, la valeur du titre dépend des profits courants d'exploitation (*usus*) et des opportunités offertes par le brevet (*fructus*). La valeur des opportunités mesure le regret d'avoir choisi à tort la décision irréversible. La date d'exercice de l'option d'abandon se définit comme la durée de vie du brevet maximisant la valeur privée du brevet.

La section 1. se propose de déterminer la valeur privée du brevet. Le choix de la date de dépôt optimale et de la durée de vie optimale du brevet sera déterminé dans la section 2. Il s'agit alors de montrer que ces opportunités incitent l'innovateur à breveter son innovation à une étape prématurée du processus d'innovation et pour une durée plus longue.

1. Valeur privée du brevet et valeur des opportunités

Dans les modèles de renouvellement, la valeur totale d'un brevet se définit comme la somme actualisée des bénéfices nets reçus au cours de son maintien en vigueur. Les bénéfices (resp. les coûts) sont supposés décroître (resp. croître) de façon déterministe avec le temps. Toutefois, les opportunités offertes par le titre ne sont pas considérées. Il convient alors de déterminer leur valeur.

L'idée défendue dans cette section est que, contrairement aux modèles à options réelles, la valeur de ces opportunités n'est pas forcément aléatoire. En effet, si les opportunités sont définies au moment de la date de dépôt et qu'elles ne peuvent plus par la suite être modifiées, elles seront dites déterministes. Si elles surviennent au cours de la protection, alors elles seront aléatoires.

La section 1.1. se consacrera aux différentes composantes des flux courants d'exploitation. La section 1.2. portera son attention sur la valeur des opportunités, soit de croissance, soit d'exploitation.

1.1. Les flux courants d'exploitation

Une fois, l'innovation développée, la firme choisit un mode de protection. Elle peut opter, soit pour le secret, soit pour le brevet. Le brevet d'invention, titre de propriété industrielle délivré par l'Etat, confère à celui qui a choisi d'investir en R&D un moyen de rentrer dans ses fonds (*usus*), de tirer profit de l'innovation par la reconnaissance d'un monopole temporaire (*fructus*) et d'exclure un tiers de son exploitation (*abusus*). Aussi, est-il à l'origine :

- de rendements courants (section 1.1.1.) pouvant être positifs ou négatifs en fonction du degré de profitabilité de l'innovation,

- de coûts (section 1.1.2.), soit de renouvellement, soit liés à la concurrence.

1.1.1. Les rendements courants d'exploitation

Les rendements courants regroupent tous les revenus procurés par le brevet nets des coûts administratifs découlant de la procédure de renouvellement. Ils proviennent :

- des revenus directs d'exploitation,

- de ceux liés à la cession des droits conférés par le brevet,

de tous autres gains qui n'auraient pu être réalisés en l'absence de cette protection.

Si le brevet est déposé à la date T , les recettes courantes à la date t sont données par⁸⁷ :

$$R_t(T) = \Pi_0 \exp(T(\delta + \rho)) \exp(-\rho t)$$

lorsque Π_0 désigne la valeur initiale du profit instantané de la firme, ρ le taux d'obsolescence ($\rho \geq 0$) et δ le taux d'efficacité technique des services juridiques et de R&D de l'entreprise ($\delta \geq 0$). La fonction $R_t(T)$ décroît en fonction du taux d'obsolescence ρ et croît en fonction de δ .

1.1.2 Les coûts courants d'exploitation

Les coûts sous-jacents à la détention du brevet proviennent :

des coûts de renouvellement à compter de la date de dépôt et pour chacune des années suivantes. Le non paiement de la taxe de renouvellement équivaut à l'abandon de la protection ; les informations contenues dans la demande de brevet sont alors utilisables par tous.

des coûts fixes F supposés indépendants de la durée et liés aux redevances de dépôt, de recherche (frais d'étude de marché, de veille technologique) et de revendications. En 1996, les redevances de dépôt étaient de 250 FRF, celles de recherche de 4 500 FRF et celles de revendications au delà de la dixième s'évaluaient à 115 FRF par redevance supplémentaire (Ramphft [1998]).

des coûts liés aux actions en contrefaçon évalués à un tiers du coût total du brevet (Ramphft [1998]).

des bénéfices (coûts indirects) retirés par la concurrence de la divulgation des informations technologiques en raison de la publication du brevet.

L'expression de la fonction de coûts est :

$$C_t(T) = C_0 \exp(-\gamma T) \exp(\gamma t)$$

⁸⁷ La forme exponentielle des fonctions de recettes et de coûts est empruntée à Langinier [1997 chap. 2].

avec C_0 désignant le coût instantané à la période initiale de l'entretien du brevet ($\Pi_0 > C_0$), γ le taux de croissance des annuités ($\gamma \geq 0$). Par hypothèse, les

redevances de renouvellement croissent avec l'âge du brevet.

L'expression des profits courants d'exploitation $\Pi_t(R_t)$ est alors :

$$\Pi_t(R_t) = \Pi_0 e^{T(\delta+\rho)} e^{-\rho t} - C_0 e^{-\gamma T} e^{\gamma t}$$

La durée optimale est celle qui maximise la valeur actuelle nette des profits d'exploitation. Or, la décision de renouvellement reflète plus la valeur des possibilités ouvertes par la détention du titre que la simple comparaison des avantages et des coûts qui en découlent. La section suivante se propose de déterminer la valeur de ces opportunités.

1.2 Les opportunités de valorisation du brevet

Le maintien en vigueur de la protection offre à l'innovateur des opportunités :

- de croissance découlant de la description et de la définition de l'étendue des revendications,

- d'exploitation émanant de l'octroi de licences ou de la vente de brevets.

- stratégiques provenant, soit de l'utilisation des opportunités d'exploitation et/ou de croissance à des fins stratégiques, soit d'user du droit d'exclure un tiers de l'exploitation de l'innovation.

Cette section se propose d'évaluer les opportunités offertes par le titre de propriété afin de pouvoir isoler, d'une part, l'impact de l'incertitude et, d'autre part, les conséquences d'une arrivée d'information. Evaluer l'impact de l'incertitude nécessite, dans un premier temps, de distinguer les opportunités dont la valeur se veut déterministe de celle aléatoire et dans un second temps de les comparer. Mesurer les conséquences d'une arrivée d'information requiert de fixer un cadre de référence où l'information sera considérée parfaite c'est-à-dire sans erreur d'évaluation et de comparer les dates de dépôt et durée de vie entre elles.

La section 1.2.1. se consacrera aux opportunités de croissance ; la section 1.2.2. aux opportunités d'exploitation. Toutefois, les opportunités stratégiques seront occultées du cadre d'analyse afin ne de considérer que les choix économiques de l'innovateur.

1.2.1 Les opportunités de croissance

Les opportunités de croissance découlent de la définition de l'étendue des revendications, à savoir la définition la plus appropriée qu'il soit d'un ensemble d'améliorations et/ou applications qui seront également protégées par le titre. Cependant, ces opportunités de croissance constituent une des composantes des flux de profit courant dans la mesure où l'étendue des revendications est déterminée au moment de la date de dépôt. Elles s'apparentent au coût d'opportunité résultant d'une définition inappropriée de l'étendue des revendications.

Cette section se propose d'évaluer le coût d'opportunité. Aussi, après avoir caractérisé les facteurs offrant à l'innovateur des opportunités de croissance (section 1.2.1.1.), l'évaluation de ces dernières sera réalisée dans la section 1.2.1.2.

1.2.1.1 La définition de l'étendue des revendications

La demande du titre de propriété est un acte juridique manifestant la volonté de son auteur de protéger son innovation par le système de droit d'exception. Elle se compose d'une requête et d'un certain nombre d'annexes dont la fonction est de :

· spécifier l'invention prétendue en définissant la largeur de l'innovation,

· préciser l'objet de la protection en définissant une hauteur.

La largeur du titre de propriété peut être appréhendée comme :

· l'ensemble des produits qui seront protégés de la concurrence par le brevet,

· l'ensemble des pays dans lesquels la protection industrielle est en vigueur.

Si la largeur du brevet est assimilée à l'ensemble des produits qui seront protégés de la concurrence, alors l'innovateur définit le niveau à partir duquel l'imitation d'un produit ou procédé constitue une contrefaçon. Dans ce cadre, elle ne peut pas constituer une opportunité de croissance puisqu'elle vise la défense de l'objet protégé contre d'éventuels contrefacteurs. En revanche, si la largeur du brevet est appréhendée comme l'ensemble des pays dans lesquels la protection industrielle est en vigueur, alors étendre la protection à plusieurs pays permet à la firme de se développer à l'international et, donc, d'acquérir des opportunités de croissance.

Définir une hauteur suffisante offre également à l'innovateur des opportunités de croissance. En effet fixer la hauteur d'une innovation revient à déterminer les conditions minimales devant être satisfaites pour que les améliorations d'un produit ou procédé puissent être jugées recevables. Ces applications, générant des rendements ultérieurs sans coût supplémentaire de protection, correspondent à des opportunités *ex ante* de

croissance puisque les profits d'exploitation sont perçus durant une période de temps plus longue, étant donné que l'innovation est plus difficilement dépassable.

Toutefois, ces opportunités de croissance peuvent devenir stratégiques. En effet, augmenter le nombre de pays dans lesquels la protection est en vigueur ou rendre le dépassement d'une innovation plus difficile ont pour objectif d'instaurer des barrières à l'entrée. Le respect de ces barrières est rendu possible par l'action en revendication. Cette dernière est une action en responsabilité délictuelle ou contractuelle menée lorsque :

1. l'invention a été soustraite à l'inventeur,
2. la demande de brevet a été déposée en violation d'une obligation légale ou conventionnelle.

Les revendications, définies lors de la demande de brevet, ne peuvent être étendues par la suite au delà de l'objet de la demande. Elles sont donc connues avec certitude. Dans ce cadre, le problème de décision de l'innovateur s'apparente à un choix d'investissement en avenir certain. Après avoir précisé quel doit être l'étendue des revendications, il convient de les évaluer.

1.2.1.2 La valeur des opportunités de croissance

La valeur des opportunités de croissance dépend de la valeur des revendications définies lors de la demande, à savoir la spécification de la largeur et de la hauteur. Les opportunités de croissance induites par la définition de la hauteur constituent la rétribution liée à l'exploitation des applications et/ou améliorations découlant de l'innovation. L'hypothèse selon laquelle l'innovateur développe et introduit une application et/ou amélioration par unité de temps est formulée. Aussi, la hauteur est évaluée par le décideur au nombre d'applications pouvant être introduites au cours :

de la course au brevet soit T applications,

du maintien de la protection en vigueur, soit D applications lorsque D désigne la durée de vie du brevet avec $D \in]0 ; 20]$.

Ces applications peuvent être introduites en totalité avant la date de déchéance du brevet si l'innovateur surestime son innovation, ou après, si l'innovation est sous-estimée. Dans ce dernier cas, la divulgation des informations technologiques permet aux $(N-1)$ concurrents de développer une application par unité de temps. Le temps d'apprentissage nécessaire à la capacité d'absorption⁸⁸ des informations technologiques est supposé nul.

⁸⁸ La capacité d'absorption est celle mise en évidence par Cohen-Levinthal [1989].

Aussi, $T + D$ applications ultérieures découlant de l'innovation pourront être introduites par l'innovateur et $(N-1)D$ applications seront développées par les concurrents pendant la durée de la détention du brevet. Ces erreurs d'estimation auront pour conséquence de modifier la valeur privée du brevet.

Le nombre d d'applications réelles découlant de l'innovation est supposé exogène. Plusieurs configurations peuvent être distinguées⁸⁹ :

• si l'innovation est surestimée, la durée de la course au brevet et de la protection industrielle suffisent à introduire toutes les applications potentielles ($T+D>d$),

• si l'innovation est sous-estimée ($T+D>d$), à la déchéance du brevet, il subsiste des applications potentielles non introduites par l'innovateur. Ces dernières pourront être développées par la concurrence. Deux autres situations doivent être spécifiées :

– le nombre d'applications introduites par les N concurrents à la déchéance du brevet excède le nombre d'applications potentielles de l'innovation ($T+ND>d$),

– à la date $T+D+1$, il subsiste des applications potentielles non développées ($T+ND<d$). Cette dernière possibilité se subdivise à son tour en deux :

* si à la déchéance du brevet, toutes les innovations ont été mises au point, alors l'innovateur développe $T+D$ applications et ses concurrents se partagent les $(d-T-D)$ restantes,

* si à la déchéance du brevet, certaines applications n'ont pas été découvertes c'est-à-dire $(d-T-ND)$ applications, l'innovateur s'approprie alors la fraction

$$\frac{d - T - DN}{N}$$

des innovations restantes.

Chaque application découlant de l'innovation est à l'origine de recettes d'exploitation définies comme une fraction α des recettes d'exploitation courantes de l'innovation R_t , avec $\alpha>0$. En revanche, les coûts liés à la définition de l'étendue des revendications sont nuls puisque ces applications appartiennent à l'ensemble des applications réservées et protégées par l'innovateur. Dans la mesure où le temps d'apprentissage nécessaire à la capacité d'absorption est supposé nul, la valeur opportunités liées à la définition de la hauteur admet pour expression :

⁸⁹ Ce cadre d'analyse a été initialement développé par Matutes et al [1996]. Leur objet est alors de déterminer l'impact des régimes de protection par la longueur et par l'étendue à la fois sur la durée d'attente avant l'introduction des premières applications et sur le développement des innovations ultérieures.

$$\text{Valeur d'opportunités liées à la hauteur} = \int_T^{\infty} \text{Max} \left(\text{Min}(d, T+D); \frac{d+(N-1)T}{N} \right) n \alpha R_t e^{-rt} dt$$

La valeur des opportunités de croissance induite par la largeur représente la valeur du maintien et/ou développement de la firme sur différents marchés. Si le nombre de pays où la protection est en vigueur est désigné par n avec

$$n \in [1, +\infty[$$

opportunités de croissance est :

$$\text{Valeur d'opportunités de croissance} = \int_T^{\infty} \text{Max} \left(\text{Min}(d, T+D); \frac{d+(N-1)T}{N} \right) n \alpha R_t e^{-nt} dt$$

Dans la mesure où les innovateurs protègent prioritairement leurs innovations sur le marché domestique⁹⁰ (François-Lehoucq [1998], Ramphft [1998]), l'hypothèse selon laquelle le nombre de pays désignés par le brevet est unitaire (n=1) est formulée. Outre les opportunités de croissance, le breveté dispose d'opportunités d'exploitation qu'il convient d'évaluer.

1.2.2 Les opportunités d'exploitation

L'exercice du droit des brevets est subordonné au respect de la règle d'exploitation de l'innovation. Cette dernière prend la forme, soit :

de l'exploitation courante du brevet (applications industrielles),

des opportunités d'exploitation (licences d'exploitation).

En concédant une licence, l'innovateur tire profit de son titre de propriété directement de son marché ou indirectement de celui de son concurrent. Ces licences peuvent être accordées au moment du dépôt de brevet (licences *ex ante*), lors de la période de protection ou à l'expiration du titre (licences *ex post*). La détermination de la valeur des opportunités d'exploitation nécessite de prendre en compte la nature du titre.

L'idée défendue dans cette section est que l'octroi de licence d'exploitation permet à l'innovateur d'étendre l'étendue de ses revendications. Aussi, après avoir dégagé la façon dont les licences permettent d'élargir la protection (section 1.2.2.1.), il convient de déterminer, en fonction de la nature de la licence, la valeur des opportunités d'exploitation (section 1.2.2.2.).

⁹⁰ Ce comportement se justifie par le fait que les firmes connaissent mieux les concurrents et les procédures judiciaires sur le marché intérieur.

1.2.2.1 Les licences : un instrument d'élargissement de la protection

Si les licences de brevet sont concédées dès lors que la demande de brevet est formulée, alors elles sont dites *ex ante*. Il s'agit pour l'innovateur d'accorder une licence sur la technologie courante pour une production future. A cette étape, l'exploitation du brevet n'est pas encore commencée. Les licences *ex post* sont, quant à elles, concédées une fois l'exploitation du brevet d'invention commencée c'est-à-dire, soit au cours de la détention du titre de propriété industrielle, soit postérieurement.

L'idée défendue dans cette section est de montrer que les licences *ex ante* élargissent la protection seulement en largeur, alors que celles *ex post* permettent d'étendre la protection en largeur, hauteur et longueur. La section 1.2.2.1.1. se consacrera aux licences *ex ante* ; celle 1.2.2.1.2. aux licences *ex post*.

1.2.2.1.1 Les licences *ex ante*

Dans la mesure où la concession de licences d'exploitation *ex ante* intervient à une étape prématurée du processus d'innovation, il est donc possible de supposer que les activités de recherche du(es) concurrent(s) sont, soit inachevées, soit non entreprises. Aussi, le concédant bénéficie d'un avantage informationnel puisque il possède, d'une part, une information sur la nature du titre par rapport aux licenciés et, d'autre part, un stock de connaissances initial supérieur à celui de ses rivaux. Cette décision lui permet d'étendre ses revendications en largeur⁹¹ puisqu'en octroyant une licence au moment du dépôt de brevet, l'innovateur crée d'autres sources de production, étend le nombre de marchés concernés par son innovation et/ou de réduit le nombre d'infractions liées à la contrefaçon

La non extension en longueur est évidente puisqu'elle suppose l'octroi d'une licence à l'expiration du brevet d'invention. Si tel est le cas, cela signifierait que le brevet n'est pas déposé d'où l'incapacité de la firme innovante de concéder des licences d'exploitation. De plus, étant donné que la concession de licence est antérieure aux activités de recherche des concurrents, ces derniers ne peuvent pas introduire de produits substitués dotés d'un degré de sophistication plus élevé. C'est pourquoi, l'extension des revendications ne se réalise qu'en largeur. Dans ce contexte, les incitations du concédant tiennent, d'une part, dans le contrôle de la production des concurrents et, d'autre part, dans la cartellisation de la branche.

De plus, octroyer une licence au cours du délai s'écoulant entre la date de dépôt et la date de publication offre au futur détenteur du titre la possibilité de tromper ses concurrents en leur vantant les mérites de son innovation dans le but de leur vendre la technologie, alors qu'il n'en est rien. Détenir une asymétrie informationnelle sur la nature des titres constitue un avantage stratégique. Quelles sont donc les voies d'extension de la protection offertes par les licences *ex post* ?

1.2.2.1.2 Les licences *ex post*

Accordées sur la technologie courante pour une production courante, les licences *ex post*

⁹¹ La largeur est ici entendue comme l'ensemble des pays ou marchés dans lesquels la protection sera en vigueur.

visent le remplacement des moyens de production des concurrents devenus inefficaces. Sachant qu'à cette étape, les firmes concurrentes ont mené préalablement des activités de recherche, l'avantage informationnel détenu par l'innovateur est fortement amoindri puisqu'il ne bénéficie que de celui ayant trait à la possession d'une technologie plus performante.

Son problème de décision tient donc dans la détermination de la date de la concession de licence, lorsque menace concurrentielle, il y a. En effet, s'il anticipe l'introduction de produits dotés d'un plus haut degré de sophistication alors, en concédant une licence l'innovateur :

· évite de se faire évincer du marché,

· se dote d'un instrument de règlement de conflit.

Ainsi, pouvoir choisir la date de la concession de licence lui offre un avantage décisionnel. Dans ce cadre, les revendications sont étendues :

1. en hauteur lorsque les licences sont concédées à d'éventuels améliorateurs ou imitateurs,

2. en largeur lorsqu'il y a communication de savoir-faire et/ou assistance technique ayant pour objet le transfert de technologie et la formation du(es) licencié(s)⁹².

En concédant des licences après l'expiration du brevet, la firme en place étend ses revendications en longueur puisqu'elle fait perdurer son pouvoir de monopole. Les incitations à la concession de licence *ex post* tiennent dans la volonté :

· de ne pas se faire évincer du marché,

· de régler un conflit,

· de faire perdurer sa situation monopolistique.

Ainsi, la licence permet à l'innovateur de se protéger contre d'éventuelles améliorations en diminuant l'incitation d'un concurrent à mener des activités de recherche et/ou en rendant les possibilités de dépassement plus difficiles. De plus, en prolongeant son pouvoir de monopole après expiration du titre de propriété industrielle, l'innovateur étend ses revendications en longueur.

Ces opportunités d'exploitation peuvent néanmoins devenir stratégiques. En effet, l'innovateur peut user des prérogatives du brevet en refusant de concéder une licence. Son objectif est alors d'empêcher un ou plusieurs concurrent(s) de bénéficier

⁹² Cependant, le titulaire du brevet peut s'avérer ensuite dans l'incapacité de contrôler l'usage du transfert de l'information chez le licencié soit au moment de la signature du contrat, soit après (Ordover [1991]).

d'opportunités potentielles ce qui fait du brevet un instrument de dissuasion à l'entrée. Cependant, l'efficacité de ce type de barrière à l'entrée, dépend de la capacité du(es) concurrent(s) à introduire une innovation substituable ou dotée d'un plus haut degré de sophistication. Aussi, dissuader l'entrée, est une décision risquée puisque le décideur ne peut se prémunir totalement de l'imitation et/ou du développement d'une technologie meilleure. La conséquence immédiate de cette stratégie est la cartellisation de la branche induisant une diminution substantielle des profits de l'innovateur.

Dans la mesure où chaque type de licence est à l'origine d'une extension des revendications particulières, la valeur des opportunités sous-jacentes s'en trouve modifiée. Il convient alors de présenter ces coûts d'opportunité.

1.2.2.2. La valeur des opportunités d'exploitation

La valeur des opportunités d'exploitation, dépendant de la nature de la licence octroyée, seront estimées, soit :

à la valeur actuelle escomptée des opportunités lorsqu'elles sont déterministes,

à la valeur espérée escomptée des opportunités lorsqu'elles sont aléatoires.

Cette section se propose d'évaluer ces opportunités. Aussi, après avoir déterminé la valeur des opportunités liées à la concession de licences *ex ante* (section 1.2.2.2.1.), celles émanant des licences *ex post* seront évaluées (section 1.2.2.2.2.).

1.2.2.2.1 Licences *ex ante* : la valeur des opportunités

Octroyer des licences *ex ante* revient à concéder à concurrents ($n \leq N^*$), supposés neutres au risque, un droit d'exploitation sur la technologie courante pour la production courante. Les concurrents sont supposés ne pas avoir précédemment mené des activités de recherche. Aussi, par hypothèse, les licences *ex ante* sont octroyées à la même date.

L'innovateur perçoit des profits d'exploitation directs de l'innovation et une redevance supposée variable⁹³ versée par les n firmes rivales. L'introduction de produits substitués par la concurrence a pour conséquence de diminuer les profits de l'innovateur puisque la structure concurrentielle devient oligopolistique. Dans ce cadre, les profits de monopole sont partagés équitablement entre les protagonistes. Le manque à gagner consécutif à la cartellisation de la branche est évalué à

$$\left(1 - \frac{1}{n+1}\right)$$

Dans la mesure où les redevances versées sont variables, elles sont proportionnelles au manque à gagner consécutif à la cartellisation de la branche. L'expression de ces recettes supplémentaires est donnée par :

⁹³ Les problèmes du concédant liés au choix d'un type de redevance sont occultés.

$$Red = na \left(1 - \frac{1}{n+1} \right) R_t^m$$

lorsque désigne la part allouée en guise de redevance avec $a \in]0,1]$ ⁹⁴. Toutefois, la perte de profit due à la cartellisation est ici omise. La prise en compte de cette perte aurait pour effet, d'une part, de diminuer les profits courants et, d'autre part, d'augmenter les profits d'exploitation en raison des redevances. Dans ce cadre, les redevances ne seraient plus perçues en sus des profits d'exploitation mais auraient pour objet, non seulement de combler les pertes enregistrées, mais aussi d'offrir des opportunités futures. L'impact de ces opportunités sur les dimensions temporelles serait difficilement évaluable. Aussi, seuls les profits supplémentaires occasionnés par les concessions de licence seront considérés.

Dans la mesure où les licences sont concédées au moment de la date de dépôt, les opportunités futures liées à la possibilité d'accorder ultérieurement une licence sont supposées nulles. Ces suppléments de profits sont donc connus avec certitude. La valeur des opportunités d'exploitation liées à la concession de licences *ex ante* admet pour expression :

$$\text{Valeur d'opportunités pour licences ex ante} = \int_T^{T+D} \frac{an^2}{n+1} R_t^m e^{-nt} dt$$

Ainsi, la valeur des opportunités d'exploitation dans le cas de licence *ex ante* se veut déterministe. L'introduction de cette dernière dans le calcul économique de l'innovateur va permettre de mesurer l'impact de la croissance d'information. En effet, si les firmes concurrentes avaient eu connaissance des qualités de l'innovation, elles auraient refusé la concession de licence ; la valeur des opportunités serait alors nulle. Après avoir évalué les opportunités inhérentes aux licences *ex ante*, il convient d'estimer celles liées aux licences *ex post*.

1.2.2.2 Licences *ex post* : la valeur des opportunités

Un innovateur, supposé neutre au risque, accorde à entreprises rivales une licence d'exploitation à la date aléatoire τ avec

$$\tau \in [0; +\infty[$$

Le temps d'attente avant que la firme en place n'accorde chaque licence suit une loi exponentielle de paramètre exogène

⁹⁴ Il s'en suit que et pour la situation de monopole .

$(x \rightarrow \text{Exp}(\mu))$ ⁹⁵. Par hypothèse, les n licences seront concédées au même

moment, ce qui revient à supposer que le temps d'apprentissage nécessaire au développement des technologies inférieures est identique pour toutes les firmes⁹⁶. Cette hypothèse permet d'isoler uniquement l'influence de l'octroi de licence indépendamment du temps de développement des technologies. Dans ce contexte, l'ensemble des licences seront accordées au cours de l'intervalle de temps $[t, t+dt]$ avec une probabilité $\text{Proba}(\tau < t) = 1 - \exp(-\mu t)$ si elles ne l'étaient pas jusque là.

La règle de décision s'énonce en ces termes : il y a octroi de licence dès que la probabilité, que l'innovateur soit évincé ou dépassé, devient forte. Aussi, tant que la licence n'est pas accordée, la valeur des opportunités est nulle. Dès que la licence est concédée, la valeur des opportunités est égale au montant des redevances reçues. La séquence des rendements provenant des licences d'exploitation est donnée par :

$$R^{lic} = \begin{cases} 0 & \forall t < \tau \\ an \left(1 - \frac{1}{n+1} \right) R_t^m & \forall t > \tau \end{cases}$$

La valeur des opportunités d'exploitation dans le cas de licence *ex post* se définit comme le regret d'avoir choisi à tort la décision irréversible. Elle se mesure comme la valeur espérée des gains futurs pouvant être perçus grâce à l'octroi de licence. L'expression de la valeur des opportunités d'exploitation est⁹⁷ :

$$E(V(\tau)) = \int_0^{+\infty} \left\{ \int_0^{\tau} 0 e^{-rs} ds + \int_{\tau}^{+\infty} \frac{an^2}{n+1} R_t^m e^{-rs} ds \right\} \mu e^{-\mu\tau} d\tau$$

à savoir :

$$E(V(\tau)) = \left(\frac{an^2}{n+1} \right) \frac{R_t^m}{r} \left(\frac{\mu}{(\mu+r)} \right)$$

⁹⁵ Le taux de hasard désigne la probabilité que la licence soit octroyée dans l'intervalle de temps sachant qu'elle ne l'était pas jusque là.

⁹⁶ Un moyen de lever cette hypothèse serait de considérer l'introduction d'une application par unité de temps.

⁹⁷ L'expression de la valeur actualisée des rendements découlant de la perception des licences est .

Les coûts recherche des imitateurs sont, quant à eux, supposés nuls. En réalité la défense des droits de propriété industrielle exige une évaluation systématique des réalisations techniques afin de détecter d'éventuelles contrefaçons. Ces activités de veille très onéreuses émanent essentiellement des grandes entreprises et portent sur les produits et/ou marchés les plus profitables. En conséquence, les contrefacteurs sont dans certains cas non identifiés ; de nombreux brevets ne sont pas défendus en raison de leur faible rentabilité.

Cette section se proposait d'évaluer les opportunités offertes par le titre de propriété afin de pouvoir déterminer l'impact de la croissance de l'information et de l'incertitude sur le comportement économique de l'innovateur c'est-à-dire sur la valeur privée du brevet.

2. Valeur du projet et décision d'investissement

Les modèles présentés ci-dessous sont des modèles de renouvellement dans lesquels, le décideur détermine la date de dépôt et la durée de vie de son titre de propriété en maximisant la valeur privée de son brevet. Son critère de décision est tel que le titre sera renouvelé tant que les recettes courantes auxquelles s'ajoutent la valeur des opportunités excèdent les coûts.

Cette section se propose d'apprécier dans quelle mesure les décisions d'investissement se trouvent affectées par :

la prise en compte des opportunités inhérentes à la détention d'un brevet,

l'anticipation d'un apport d'informations.

Ainsi, en comparant les nouvelles décisions d'investissement à celles obtenues dans le cadre de référence, il est possible d'isoler l'influence des opportunités de croissance et d'exploitation. Les conséquences d'un apport informationnel seront isolées en rapprochant les situations où l'information est supposée totale ou partagée avec celles où il existe des erreurs d'évaluation ou asymétries informationnelles.

Aussi, le cadre de référence sera présenté dans la section 2.1. Les modifications des décisions d'investissement consécutives à la considération des opportunités de croissance et d'exploitation seront respectivement mises en lumière dans les sections 2.2 et 2.3.

2.1 Le cadre de référence

Le modèle présenté ci-dessous est celui de Langinier [1997 § 2]. Il s'agit d'un modèle de renouvellement dans lequel un innovateur détermine la durée de vie et la date de dépôt optimales de son brevet en maximisant son gain actualisé $V(T,D)$ compte tenu de la

contrainte réglementaire qui pèse sur lui⁹⁸. La firme est supposée connaître avec certitudes ses rendements et coûts. Son programme de maximisation est donné par :

$$\begin{cases} \text{Max}_{T,D} V(T,D) = \int_T^{T+D} \Pi_t(T) e^{-rt} dt - Fe^{-rT} \\ \text{s.c. } T \geq 0, D > 0 \end{cases}$$

Il est alors possible d'en déduire la valeur initiale du brevet à savoir :

$$V(T,D) = \frac{\Gamma_0}{r+\rho} e^{(\delta-r)T} (1 - e^{-(T+D)(r+\rho)}) - \frac{C_0}{r-\gamma} e^{(-rT)} (1 - e^{(-D)(r+\rho)}) - Fe^{(-rT)}$$

Les solutions optimales admettent pour expression :

$$T^*(D) = \frac{1}{\delta} \left[\ln \frac{r}{r-\delta} + \ln \frac{F + \hat{C}(D)}{\hat{\Pi}(D)} \right] \dots \text{et} \dots T^*(T) = \frac{1}{\gamma + \rho} \left[\ln \frac{\Pi_0}{C_0} + \delta T \right]$$

$T^*(D)$ est une fonction décroissante et convexe de D . Néanmoins, l'innovateur peut avoir intérêt à breveter son innovation, soit tout de suite ($T=0$), soit jamais ($T^* = +\infty$), soit à une date ultérieure strictement positive et finie.

Ce cadre de référence va nous permettre de mettre en évidence, non seulement, l'impact des opportunités de croissance, d'exploitation, mais aussi l'influence d'un apport informationnel.

2.2 Décisions d'investissement et étendue des revendications

Le modèle présenté ci-dessous est un modèle de renouvellement intégrant la valeur des possibilités ouvertes par la détention du brevet. Dans ce cadre, la valeur privée du brevet dépend des profits courants d'exploitations et de la valeur des opportunités de croissance, à savoir la valeur de l'étendue des revendications. Les dimensions temporelles optimales du brevet se déduisent du comportement de l'innovateur. Celui-ci maximise la valeur actualisée $V(T,D)$ de son brevet.

Le programme de maximisation de la firme est le suivant :

⁹⁸ La seule contrainte considérée est celle imposée par les pouvoirs publics au niveau de la durée de vie du brevet.

$$\begin{cases} \text{Max}_{T,D} V(T,D) = \int_0^{T+D} \Pi_t e^{-\rho t} dt + \text{Max} \left(0, \int_0^{\text{Max}(\text{Min}(d,T+D), \frac{d+(N-1)T}{N})} \alpha R_t e^{-\rho t} dt \right) - V e^{-\rho T} \\ \text{s.c. } T \geq 0, D \geq 0 \end{cases}$$

Plusieurs configurations peuvent être distinguées :

l'innovation est surévaluée ; dans ce cadre, toutes les applications seront introduites avant la déchéance du brevet ($d < T+D$),

l'innovation est correctement évaluée ; toutes les applications découlant de l'innovation seront introduites par l'innovateur pendant la durée de la protection ($d = T+D$). L'information sera considérée comme étant totale puisque l'innovateur est capable d'évaluer correctement les applications et bénéfices découlant de son innovation.

l'innovation est sous-évaluée ; toutes les applications découlant de l'innovation de base n'ont pas été découvertes à la déchéance du brevet. Surgit alors une course entre les participants en lice. Dans ce cadre, l'innovateur s'appropriera $\frac{d + (N-1)T}{N}$

innovation et/ou améliorations.

Ces situations dépendent donc de la capacité de l'innovateur à estimer la hauteur de son innovation. Aussi, un écart noté ε entre l'estimation de l'innovateur et le nombre réel d'applications découlant de l'innovation peut être mis en évidence. Les différentes valeurs de cet écart sont données par le système suivant :

$$\varepsilon = \begin{cases} T+D-d & \text{si } d < T+D \\ 0 & \text{si } d = T+D \\ d-T-ND & \text{si } d > T+ND \end{cases}$$

Aussi, dans chaque configuration, il convient de déterminer les solutions optimales (section 2.2.1.) afin de dégager l'influence des opportunités de croissance et de l'apport d'informations (section 2.2.2.).

2.2.1. Les décisions d'investissement optimales

Les dimensions temporelles optimales dépendent des caractéristiques intrinsèques de la firme (taux d'obsolescence ρ , taux d'efficacité des services juridiques et de R&D δ , taux

de croissance des annuités γ), de la fraction α des recettes d'exploitation courantes et des indicateurs actualisés du coût de renouvellement $\hat{C}(D)$ et de profits

$$\hat{\Pi}(D), \hat{\Pi}_1(D) \text{ et } \hat{\Pi}_2(D) \quad ^{99}$$

Trois configurations seront successivement explicitées :

- lorsque l'innovation est surévaluée (section 2.2.1.1.),
- lorsque l'innovation est correctement évaluée (section 2.2.1.2.),
- lorsque l'innovation est sous-évaluée (section 2.2.1.3.).

2.2.1.1 Décision d'investissement et surévaluation de l'innovation

Si l'innovation est surévaluée, l'ensemble des applications découlant de l'innovation seront introduites avant la date de déchéance du brevet. Le programme de maximisation de la firme est donné par :

$$\begin{cases} \text{Max}_{T,D} V_1(T,D) = \int_T^{T+D} \Pi_1(T) e^{-rt} dt - F e^{-rT} + \int_T^{T+D-s} \alpha R_1^1(T) e^{-rt} dt \\ \text{s.c. } T \geq 0, D > 0 \end{cases}$$

La valeur initiale du brevet $V_1(T,D)$ admet pour expression :

$$V_1(T,D) = \frac{1-\delta}{r+\delta} e^{-(T+\delta T)} \left[1 + \alpha - \left(1 + \alpha e^{(\gamma+\delta)T} \right) e^{-(D+\delta)T} \right] - \frac{C}{r-\gamma} e^{-(r+\delta)T} \left[1 - e^{-(D+\delta)T} \right] - F e^{-rT}$$

Les conditions du premier ordre, si $r-\delta > 0$, sont données par :

$$\begin{cases} \frac{\partial V_1}{\partial T} = \frac{\Pi_0}{r+\delta} e^{-(T+\delta T)} \left[1 + \alpha - \left(1 + \alpha e^{(\gamma+\delta)T} \right) e^{-(D+\delta)T} \right] + \frac{C}{r-\gamma} e^{-rT} \left[1 - e^{-(D+\delta)T} \right] + F r e^{-rT} = 0 \\ \frac{\partial V_1}{\partial D} = \Pi_2 e^{-rT} \left[1 + \alpha e^{(\gamma+\delta)T} \right] e^{-\mu D} - C_0 e^{-rT} = 0 \end{cases}$$

Les dimensions optimales admettent comme expression :

⁹⁹ L'expression de ces indicateurs est , , et .

$$T_1^*(D) = \frac{1}{\delta} \left[\ln \frac{r}{r-\delta} + \ln \frac{F + \hat{C}(D)}{\hat{\Pi}(D) + \alpha \hat{\Pi}_1(D)} \right]$$

$$D_1^*(T) = \frac{1}{r+\rho} \left[\ln \frac{\Pi_0}{C_0} + \delta T + \ln(1 + \alpha e^{(r+\rho)k}) \right]$$

2.2.1.2 Décision d'investissement et évaluation appropriée de l'innovation

Si, par hasard, le décideur évalue correctement la hauteur de son innovation, alors il est possible d'en déduire que son information concernant les bénéfices et les applications qui découleront de son brevet est parfaite. Aussi, comparer les dimensions optimales de ce cadre à celles obtenues lorsque l'innovation est, soit sous-évaluée, soit surévaluée permet d'isoler l'influence d'un apport informationnel.

Les dimensions optimales sont les solutions du programme de maximisation suivant :

$$\begin{cases} \text{Max}_{T,D} V_2(T, D) = \int_T^{T+D} \Pi_t(T) e^{-rt} dt - F e^{-rT} + \int_T^{T+D} \alpha R_t^1(T) e^{-rt} dt \\ \text{s.c. } T \geq 0, D > 0 \end{cases}$$

La valeur privée du brevet représentant le maintien des droits conférés par ce dernier admet comme expression :

$$V_2(T, D) = \frac{(1+\alpha)\Pi_0}{r+\rho} e^{(r+\rho)T} (1 - e^{-(r+\rho)D}) + \frac{C_0}{r-\gamma} e^{(r+\rho)T} (1 - e^{-(r-\gamma)D}) - F e^{-rT}$$

Les conditions de premier ordre, si $r-\delta > 0$, sont telles :

$$\begin{cases} \frac{\partial V_2}{\partial T} = \frac{(1+\alpha)\Pi_0(\delta-r)}{\rho+r} e^{(r+\rho)T} (1 - e^{-(r+\rho)D}) + \frac{rC_0 e^{(r+\rho)T}}{r-\gamma} (1 - e^{-(r-\gamma)D}) - F r e^{-rT} = 0 \\ \frac{\partial V_2}{\partial D} = (1-\alpha)\Pi_0 e^{(r+\rho)T} e^{-(r+\rho)D} - C_0 e^{(r+\rho)T} e^{-(r-\gamma)D} = 0 \end{cases}$$

La date de dépôt et la durée de vie optimales du brevet sont alors :

$$T_2^*(D) = \frac{1}{\delta} \left[\ln \frac{r}{r-\delta} + \ln \frac{F + \hat{C}(D)}{(1+\alpha)\hat{\Pi}(D)} \right]$$

$$D_2^*(T) = \frac{1}{\gamma + \rho} \left[\ln \frac{\Pi_0}{C_0} + \delta T + \ln(1+\alpha) \right]$$

2.2.1.3 Décision d'investissement et sous-évaluation de l'innovation

Si l'innovation est sous-évaluée, alors à la déchéance du brevet il subsiste des applications qui ne seront pas encore découvertes. Les date de dépôt et durée de vie optimales (T_3^*, D_3^*) sont les solutions du programme de maximisation suivant :

$$\begin{cases} \underset{T, D}{\text{Max}} V_3(T, D) = \int_T^{T+D} \Pi_1(T) e^{-rt} dt - F e^{-rT} + \int_T^{T+D-\frac{s}{N}} \alpha R_1^1(T) e^{-rt} dt \\ \text{s.c. } T \geq 0, D > 0 \end{cases}$$

Dans ce cadre, la valeur initiale du brevet devient :

$$V_3(T, D) = \frac{-\Pi_1}{r-\delta} e^{\delta(\delta-r)} \left(1 + \alpha \left(\frac{e^{-\delta T} e^{-\delta \frac{s}{N}}}{e^{-\delta T} e^{-\delta T}} \right) e^{-\delta(r-\delta)} \right) - \frac{C_1}{r-\gamma} \left(1 - e^{-(\delta+\gamma)T} \right) - F e^{-rT}$$

Les conditions de premier ordre, pour tout $r-\delta > 0$, sont données par :

$$\begin{cases} \frac{\partial V_3}{\partial T} = \frac{-\Pi_1(\delta-r)}{\rho+r} e^{\delta(\delta-r)} \left(1 + \alpha \left(\frac{e^{-\delta T} e^{-\delta \frac{s}{N}}}{e^{-\delta T} e^{-\delta T}} \right) e^{-\delta(r-\delta)} \right) - \frac{r e^{-rT} C_1}{r-\gamma} \left(1 - e^{-(\delta+\gamma)T} \right) - F r e^{-rT} = 0 \\ \frac{\partial V_3}{\partial D} = 1 - \delta e^{\delta(\delta-r)} \left(\frac{\alpha e^{-\delta T} e^{-\delta \frac{s}{N}}}{e^{-\delta T} e^{-\delta T}} \right) e^{-\delta D} - C_1 e^{-rT} e^{\delta D} = 0 \end{cases}$$

Le couple de solutions optimales est :

$$T_3^*(D) = \frac{1}{\delta} \left[\ln \frac{r}{r - \delta} + \ln \frac{F + \hat{C}(D)}{\hat{\Pi}(D) + \alpha \hat{\Pi}_2(D)} \right]$$

$$D_3^*(T) = \frac{1}{\gamma + \rho} \left[\ln \frac{\Pi_0}{C_0} + \delta T + \ln \left(1 + \alpha e^{-(r+\rho)\frac{T}{w}} \right) \right]$$

2.2.2. Les résultats

Les durées D^* , D_1^* , D_2^* et D_3^* sont des fonctions croissantes et linéaires de la

date de dépôt T . Dans tous les cas, plus le taux d'efficacité technique est grand, les taux de croissance des annuités et d'obsolescence de l'innovation faibles, plus l'allongement de la durée de protection est important lorsque la date de dépôt est retardée d'un an¹⁰⁰. En revanche, les dates de dépôt sont des fonctions décroissantes de la durée de protection.

L'influence des opportunités sur les dimensions temporelles optimales sera mise en évidence dans la section 2.2.2.1., celle de l'apport informationnel dans la section 2.2.2.2.

2.2.2.1 Opportunités de croissance et dimensions optimales

Le fait de ne pas intégrer dans le calcul économique la valeur des opportunités incite l'innovateur à :

- retarder sa date de dépôt ; il détient alors une option d'exécution différée. Le choix du secret se veut un moyen, soit de dissuasion à l'entrée, soit de perfectionnement de l'innovation,

- raccourcir la durée de sa protection en raison de la faiblesse de la valeur privée de son titre.

En comparant les différentes dimensions temporelles à celles de référence, il est possible d'en déduire que la prise en compte des opportunités de croissance modifie le comportement économique de l'innovateur de deux façons :

¹⁰⁰ La pente de ces fonctions est donnée par .

$$(T^* > T_1^* > T_3^* > T_2^*),$$

la durée de protection augmente ($D_1^* > D_2^* > D_3^* > D^*$).

Proposition 1 : La prise en compte des opportunités de croissance incite les innovateurs à breveter leurs innovations à une étape prématurée du processus d'innovation (

$$(T^* > T_1^* > T_3^* > T_2^*),$$

$$D_1^* > D_2^* > D_3^* > D^*).$$

2.2.2.2 Anticipation d'un apport d'information et dimensions optimales

Evaluer l'impact d'un apport informationnel sur les dimensions temporelles optimales nécessite de comparer la situation où l'information est considérée comme parfaite avec celles où l'information est partielle (surestimation et/ou sous-estimation de l'innovation).

Si l'innovateur évalue correctement son innovation, alors la possibilité de bénéficier de toutes les opportunités de croissance l'incite à breveter son innovation le plus tôt possible (

$$T_2^* < T_3^* < T_1^* < T^*).$$

al [1996] qui montrent qu'une protection par l'étendue induit une diffusion précoce de l'innovation. De plus, la durée de vie du brevet se trouve allongée comparativement au cadre de référence. L'objectif de l'innovateur est alors, soit de rentabiliser les fonds investis en R&D, soit de dissuader l'entrée. Ce résultat confirme ceux de O'Donoghue *et al* [1998] qui mettent en évidence que le choix d'une hauteur appropriée accroît la durée de vie du brevet.

Si l'innovation est surestimée ($d < T + D$), la firme innovante conservera quelques temps son innovation secrète puisqu'elle estime que sa découverte lui rapportera des rendements ultérieurs importants. La détention de l'option d'exécution différée repose donc sur une évaluation erronée de la valeur du brevet. En revanche, si l'innovation est sous-estimée ($d > T + ND$), l'innovateur reportera quelque temps son dépôt de brevet par rapport au cadre de référence. Toutefois, ce report est moins important que celui effectué dans le cas où l'innovation est surestimée. Ainsi, il semble que les corrections de comportement en terme de date de dépôt sont plus facilement réalisables lorsque les erreurs d'appréciation se font à la baisse.

Proposition 2 : L'avancée de la date de dépôt consécutivement à un apport informationnel est d'autant plus forte que la date d'innovation est surévaluée.

Corollaire proposition 2 : Les gains informationnels incitent les innovateurs à breveter leur(s) innovation(s) le plus tôt possible.

Plus l'innovation est surévaluée, plus la durée de la protection est longue. Ainsi,

l'innovateur semble laisser croire à une forte rentabilité de l'innovation alors qu'il n'en est rien. Une des raisons pouvant justifier ce comportement est l'utilisation du brevet à des fins stratégiques dans la mesure où il lui permet, soit d'orienter les concurrents sur de mauvaises pistes en leur laissant croire à la rentabilité du marché, soit de les dissuader d'entrer. L'utilisation stratégique du brevet en tant que leurre offre à l'innovateur la possibilité de lancer ses rivales sur de mauvaises pistes afin de ne plus être inquiété lors du développement d'un programme de recherche essentiel (Langinier [1997]). L'usage du brevet en tant que dissuasion à l'entrée a pour finalité l'acquisition d'un droit de propriété afin de priver le(s) concurrent(s) d'opportunités potentielles. Cette stratégie est selon Smiley [1988] et Bunch-Smiley [1992] souvent employée lorsque les produits sont nouveaux.

Si l'innovation est sous-estimée ($d > T + ND$), la considération des opportunités de croissance a pour effet de diminuer la durée de protection comparativement au cadre de référence et, donc, à celui où l'innovation est surestimée. Ce résultat peut se justifier de la façon suivante. La firme innovante, pensant que son innovation est de faible rentabilité, émet des signaux qui incitent les concurrents à s'engager dans la course. Aussi, l'accélération du rythme technologique fait que l'innovation est rapidement dépassable et donc la suspension de la protection devient nécessaire. Dans la mesure où la protection par les brevets ne dissuade pas les concurrents de continuer la course, l'exercice de l'option d'abandon aurait pour conséquence de cartelliser la branche en mettant à la disposition des concurrents la technologie et donc *in fine* de réduire la menace concurrentielle.

Proposition 3 : La durée de protection est d'autant plus forte que l'innovation est surévaluée.

Après avoir mis en évidence les conséquences de l'étendue des revendications sur les décisions d'investissement, il convient d'apprécier celles sous-jacentes aux licences d'exploitation.

2.3 Décision d'investissement et licences d'exploitation

Les licences de brevet permettent aux firmes, soit de rentabiliser leurs fonds investis en R&D, soit d'ériger des barrières à l'entrée. Toutefois, la décision de brevetage est séquentielle puisque, dans un premier temps, les firmes arbitrent entre concéder une licence et ne pas le faire puis, dans un second temps, elles choisissent le type de licence qu'elles souhaitent accorder.

Cette section se propose d'estimer les modifications du comportement de l'innovateur consécutives à la prise en compte dans son calcul économique de la valeur des opportunités d'exploitation notamment grâce aux licences de brevet.

Aussi, les décisions d'investissement optimales seront déterminées dans la section 2.3.1. La section 2.3.2. aura pour objet de présenter les principaux résultats.

2.3.1 Les décisions d'investissement optimales

Les décisions d'investissement sont issues du programme de maximisation de la valeur privée du brevets. Elles dépendent des caractéristiques intrinsèques de la firme, de la valeur des redevances et de la probabilité d'octroyer une licence. Deux configurations dépendant de la nature de la licence seront distinguées : les licences *ex ante* (section 2.3.1.1.) seront opposées à celles *ex post* (section 2.3.1.2.).

2.3.1.1 Décisions d'investissement et licences ex ante

Les licences *ex ante* sont concédées dès lors que la demande de brevet est formulée. Les coûts de recherche des licenciés et de contractualisation sont supposés nuls. Le critère de décision est celui de la valeur actuelle nette étant donné que l'innovateur connaît au moment de la date de dépôt le nombre de licences concédées¹⁰¹. La durée de vie et la date de dépôt du brevet (T_4^*, D_4^*) sont les solutions du programme de

maximisation suivant :

$$\begin{cases} \text{Max}_{T,D} V_4(T, D) = \int_T^{T+D} \left(\left(1 + \frac{an^2}{n+1} \right) R_t^m - C_t \right) e^{-rt} dt - Fe^{-rT} \\ T \geq 0, D \geq 0 \end{cases}$$

L'expression de la valeur initiale du brevet est :

$$V_4(T, D) = \left(1 - \frac{an^2}{1+n} \right) \frac{\Pi_0}{r+\delta} \left[\frac{1 - e^{-(\delta-r)T}}{\delta-r} \right] - \frac{C_0}{r-\gamma} e^{-(r-\gamma)T} \left[1 - e^{-(r-\gamma)D} \right] - Fe^{-rT}$$

Les conditions de premier ordre, pour tout $r-\delta > 0$, sont données par :

$$\begin{cases} \frac{\partial V_4}{\partial T} = \left(1 + \frac{an^2}{1+n} \right) \frac{\Gamma_0(\delta-r)e^{-(\delta-r)T}}{r+\delta} \left[1 - e^{-(r-\delta)D} \right] - \frac{r e^{-rT} C_0}{r-\gamma} \left[1 - e^{-(r-\gamma)D} \right] - F r e^{-rT} = 0 \\ \frac{\partial V_4}{\partial D} = \left(1 + \frac{an^2}{1+n} \right) \left[1 - e^{-(\delta-r)T} \right] \left[1 - e^{-(r-\delta)D} \right] - \frac{r e^{-rT} C_0}{r-\gamma} \left[1 - e^{-(r-\gamma)D} \right] = 0 \end{cases}$$

Les dimensions temporelles admettent pour expression :

¹⁰¹ Toutes les licences sont supposées être octroyées à la même date.

$$T_4^*(D) = \frac{1}{\delta} \left\{ \ln \frac{r}{r-\delta} + \ln \frac{\hat{C}(D)+F}{\hat{\Pi}(D)} - \ln \left(1 + \frac{am^2}{1+n} \right) \right\}$$

$$D_4^*(T) = \frac{1}{r+\rho} \left\{ \ln \frac{\Pi_0}{C_0} + \ln \left(1 + \frac{am^2}{1+n} \right) + T\delta \right\}$$

2.3.1.2 Décisions d'investissement et licences ex post

La concession de licence *ex post* se réalise une fois l'exploitation du brevet d'invention commencée. Dans ce cadre, l'innovateur perçoit des flux de profits courants auxquels s'ajoutent les suppléments de profits inhérents aux opportunités futures. Le programme de maximisation de la firme est alors donné par :

$$\begin{cases} \max_{T,D} V_5(T,D) = \int_T^{T+D} \pi_5^*(T) dt - C_1(T) + \int_0^{\infty} \omega \left(1 - \frac{\cdot}{s+1} \right) \pi_5^*(T) \left(\int_t^{\infty} v^{-\rho} dt \right) e^{-\rho t} - F e^{-\rho T} \\ s.t. T > 0, D > 0 \end{cases}$$

La valeur initiale du brevet est exprimée par l'équation suivante :

$$V_5(T,D) = \left(1 + \frac{am^2}{1+n} \right) \left(\frac{\mu}{r(\rho+r)} \right) \frac{\Pi_0}{r-\rho} e^{(r-\rho)T} \left[1 - e^{-(\rho+r)D} \right] - \frac{C_1}{r-\rho} e^{-(r-\rho)T} \left[1 - e^{-(\rho+r)D} \right] - F e^{-(r-\rho)T}$$

Les dimensions temporelles optimales (T_5^*, D_5^*) telles que les conditions du premier

$$(T_5^*, D_5^*)$$

ordre soient vérifiées, pour tout $r-\delta > 0$:

$$\begin{cases} \frac{\partial V_5}{\partial T} = \left(1 + \frac{am^2}{1+n} \right) \left(\frac{\mu}{r(\rho+r)} \right) \frac{\Pi_0}{r-\rho} e^{(r-\rho)T} \left[1 - e^{-(\rho+r)D} \right] + \frac{r e^{-(r-\rho)T}}{r-\rho} \left(1 - e^{-(\rho+r)D} \right) + F e^{-(r-\rho)T} = 0 \\ \frac{\partial V_5}{\partial D} = \left(1 + \frac{am^2}{1+n} \right) \left(\frac{\mu}{r(\rho+r)} \right) \frac{\Pi_0}{r-\rho} e^{(r-\rho)T} \left[-e^{-(\rho+r)D} \right] - C_2 e^{-(r-\rho)T} \left[-e^{-(\rho+r)D} \right] = 0 \end{cases}$$

La date de dépôt et la durée de vie du brevet admettent pour expression :

$$T_5^*(D) = \frac{1}{\delta} \left\{ \ln \frac{r}{r-\delta} + \ln \frac{\hat{C}(D) + F}{\hat{\Pi}(D)} - \ln \left(1 + \frac{an^2}{n+1} \frac{\mu}{(\mu+r)r} \right) \right\}$$

$$D_5^*(T) = \frac{1}{r+\rho} \left\{ \ln \frac{\Pi_0}{C_0} + \ln \left(1 + \frac{an^2}{1+n} \right) + T\delta \right\}$$

2.3.2. Les résultats

Les fonctions de durée D^* , D_4^* et D_5^* sont des fonctions croissantes et linéaires de

la date de dépôt T . En revanche, les dates de dépôt T^* , T_4^* et T_5^* sont des fonctions

décroissantes de la durée de protection D .

Les modifications du comportement de l'innovateur consécutives à la concession de licence et à l'utilisation d'un gain informationnel seront mises en évidence respectivement dans les sections 2.3.2.1. et 2.3.2.2.

2.3.2.1 Opportunités d'exploitation et dimensions optimales

La considération des opportunités d'exploitation modifie le comportement de l'innovateur de deux façons :

la date de dépôt du brevet sera d'autant plus précoce que l'incitation de l'innovateur à utiliser les asymétries informationnelles à des fins stratégiques est forte ($T_4^* < T_5^* < T^*$). Cette tendance des innovateurs à déposer leur brevet de plus en plus tôt a pour corollaire l'accélération du rythme de diffusion des innovations technologiques.

la possibilité pour une firme d'accorder une licence d'exploitation, quelque soit la date de concession, a pour effet d'augmenter la durée de vie du brevet ($D^* < D_4^* = D_5^*$).

Ainsi, l'allongement de la durée de protection peut s'interpréter comme une augmentation de la valeur privée du brevet en raison de l'exploitation du titre.

Proposition 4 : Les opportunités *ex post* ouvertes par la détention du brevet (les licences) incitent les innovateurs à préempter leur(s) concurrent(s) ($T_4^* < T_5^* < T^*$) et

à prolonger la durée de la protection du titre ($D^* < D_4^* = D_5^*$).

2.3.2.2. L'influence de l'utilisation d'un gain informationnel

En concédant une licence *ex ante*, l'innovateur peut avoir comme objectif, soit de rentabiliser son titre, soit d'utiliser à des fins stratégiques les asymétries informationnelles. En revanche, en concédant une licence *ex post*, l'innovateur a, dans ce cadre, pour objet d'éviter de se faire évincer du marché. L'objectif poursuivi est celui de la rentabilisation du titre. La comparaison des dimensions temporelles optimales, lorsque les opportunités d'exploitation sont prises en considération, a permis de mettre en évidence une avancée de la date de dépôt et un allongement de la durée de protection.

Pour isoler l'influence de l'utilisation du gain informationnel sur les dimensions temporelles, il convient de comparer les dates de dépôt T_4^* , T_5^* et de durée de vie

D_4^* , D_5^* entre elles. Lorsque l'innovateur anticipe une éviction probable du marché,

son incitation à breveter son innovation le plus tôt est moins forte. Ainsi, il aura tendance à conserver quelques temps son innovation secrète et donc à maintenir son option d'exécution différée en vigueur. Ainsi, la possibilité d'utiliser à des fins stratégiques les asymétries informationnelles conduit les décideurs à avancer la date optimale de dépôt¹⁰².

Proposition 5 : Orienter les concurrents sur de mauvaises pistes conduit les décideurs à breveter leur innovations à une étape prématurée du processus d'innovation.

Quelle que soit la nature de la licence, la durée de protection est allongée (). Ainsi, seule la volonté de rentabiliser les fonds investis intervient dans le choix de la décision.

Proposition 6 : Les opportunités d'exploitation ont pour effet d'augmenter la durée de vie du brevet quelle que soit la date d'octroi.

Conclusion

Une fois l'innovation brevetée, pour maintenir son titre de propriété en vigueur, l'innovateur s'acquitte d'une taxe de renouvellement. Dans la mesure où la décision de renouvellement reflète, plus la valeur des possibilités ouvertes par la détention du brevet, que la simple comparaison des avantages et des coûts, le paiement de cette taxe correspond à un investissement en vue d'une protection industrielle. Cet investissement est doté des caractéristiques d'irréversibilité, d'incertitude et doit être chaque année reconduit. La valeur des opportunités de croissance (étendue des revendications), d'exploitation (licence de brevet) ou stratégiques doit être intégrée dans le modèle de renouvellement. Dans ce cadre, la valeur privée des brevets dépend des profits courants d'exploitation et des profits liés aux opportunités. Aussi, un brevet non rentable à la

¹⁰² Si la probabilité d'octroyer une ou plusieurs licence(s) est inférieure à une valeur seuil . Cette valeur désigne la limite à partir de laquelle l'octroi de licence deviendra légitime.

période courante peut le devenir à la période suivante.

La prise en compte des opportunités incite les innovateurs à breveter leurs innovations à une étape prématurée du processus d'innovation et pour une durée plus longue. Il devenait alors indispensable de justifier ces tendances. Ainsi, la tendance des innovateurs à breveter leurs innovations à une étape prématurée semble provenir de la volonté d'utiliser les asymétries informationnelles à des fins stratégiques. En revanche, l'allongement de la durée de vie émane de la volonté des décideurs de rentabiliser les fonds investis en R&D.

Toutefois, ces modèles se particularisent pour trois raisons : la non considération du portefeuille de brevets de la firme, la neutralité au risque du décideur et l'absence de considérations stratégiques. Rares sont les firmes qui détiennent un unique brevet ; elles ont généralement en leur possession un portefeuille de brevets. Leur objectif est, soit de détenir des produits substitués, soit d'empêcher un concurrent d'analyser l'innovation, soit d'intimider les concurrents puisque les firmes détentrices de portefeuilles de brevets larges sont moins soumises aux actions en contrefaçon que les autres. Il conviendrait alors de prolonger l'analyse afin de mêler l'intégration des opportunités de valorisation à la constitution d'un portefeuille.

De plus, les modèles à valeur d'option considèrent généralement l'innovateur comme étant neutre au risque. Cette hypothèse permet d'isoler l'influence de la flexibilité des décisions et de l'information croissante indépendamment de toute hypothèse d'aversion au risque. Il pourrait être intéressant de prolonger l'analyse afin d'évaluer la sensibilité de la décision au risque.

Et enfin, l'environnement concurrentiel du décideur n'était pas considéré. L'étude de l'utilisation stratégique, soit de l'étendue des revendications, soit des licences nécessite de considérer les décisions stratégiques résultant d'un environnement réactif. Ainsi, dans le cadre des licences, il conviendrait de présenter un modèle de duopole intégrant les probabilités d'octroi et d'acceptation des licences. La valeur privée du brevet devient conditionnelle aux configurations.

Chapitre 2 : Décisions de renouvellement du brevet et Lutte anti-contrefaçon

Introduction

La contrefaçon s'étend aujourd'hui à tous les secteurs industriels. En effet, 40% des firmes innovantes en produits ou procédés déclarent avoir été victimes de contrefaçons et 19% d'espionnage industriel (Bussy *et al* [1994]). Ces actes induisent une perte de chiffre d'affaires évaluée à 3%. L'action en contrefaçon visant la défense de la propriété industrielle a pour objet de condamner celui qui est tenu pour contrefacteur. Pour cela, l'innovateur doit :

1. apporter la preuve de ses allégations (saisie-contrefaçon). Tant que le brevet est maintenu en vigueur, l'innovateur examine grâce aux activités de veilles technologiques et concurrentielles les réalisations techniques afin de détecter les éventuelles contrefaçons. Il investit alors en détection de contrefaçons.

2.

porter l'action devant le Tribunal de Grande Instance, seul compétent pour juger ces contentieux. Cette procédure fait supporter à l'innovateur des coûts de défense de part l'assignation en justice du contrefacteur.

La défense des droits du breveté est un investissement irréversible. En effet, ces dépenses sont irrécouvrables étant donné que les indemnités versées pour frais de procès couvrent à peine 33% des dépenses engagées. De plus, elles sont spécifiques à un acte puisque le défendeur doit, non seulement, définir l'acte précis de contrefaçon qui sera poursuivi, mais aussi le contrefacteur qui sera assigné en justice si plusieurs imitateurs peuvent être inquiétés.

Cette défense des droits offre à l'innovateur des opportunités d'exploitation stratégiques. Les opportunités d'exploitation sont liées à la volonté de l'innovateur de porter l'affaire devant les tribunaux. Or l'issue du procès influence la décision d'assigner en justice celui qui est considéré comme contrefacteur. En effet, plus les acteurs sont optimistes, plus la probabilité qu'il y ait procès est forte. Le titulaire peut donc avoir tendance à intenter un procès s'il estime que sa probabilité de le gagner augmente. Toutefois, ces opportunités d'exploitation peuvent devenir stratégiques étant donné que poursuivre aujourd'hui des contrefacteurs peut avoir pour effet de dissuader des concurrents de copier ultérieurement l'innovation¹⁰³.

Or cette opportunité d'agir en contrefaçon, afin de faire respecter ses droits, n'est pas toujours utilisée. En effet, selon l'Union des fabricants, un quart des entreprises qui se déclarent victimes de contrefaçon de marque, renoncent à ester en justice. Pour quelles raisons une firme victime de contrefaçon n'utilise-t-elle pas ce moyen de défense ? Pour répondre à ce problème, les contributions théoriques relative à la lutte anti-contrefaçon se proposent de déterminer :

1.

Quelle doit être l'évaluation des réalisations techniques introduites par la concurrence ?
Comment identifier les contrefacteurs ?

2.

Quelle doit être la meilleure réaction ? Faut-il agir en justice ou composer avec les contrefacteurs ?

Ces études montrent que les stratégies de protection technologique (détection de la contrefaçon et défense du droit du breveté) dépendent des coûts et de la probabilité de détecter la contrefaçon. En revanche, la probabilité de gagner le procès - elle-même fonction des délais de réaction et/ou de la qualité de l'affaire en cours - et l'importance des coûts du procès influencent l'issue du procès.

Cette section se propose d'évaluer les conséquences de l'action en contrefaçon sur le comportement économique des innovateurs. L'idée défendue est que les coûts

¹⁰³ De la même façon, si une firme se défend efficacement lors d'un procès, une motivation à ne pas engager ultérieurement des poursuites à son encontre existe et cela même si elle se livre de nouveau à des actes de contrefaçon.

supportés, si action en contrefaçon il y a, constituent un frein au dépôt de brevet. Aussi, par hypothèse, l'innovateur est victime de contrefaçon.

Estimer le poids des coûts de détection de contrefaçon nécessite de comparer les décisions de renouvellement lorsqu'un innovateur ne mène aucune activité de veille avec le cas où l'imitation détectée ne peut être attaquée pour contrefaçon. En revanche, évaluer l'incidence de l'issue du procès sur les dimensions temporelles revient à comparer la situation où l'innovateur gagne son procès avec celle où il le perd. Le rôle joué par les délais existant entre la date de déclenchement des poursuites judiciaires et celle du jugement est mis en évidence en mettant en parallèle le cas où l'innovateur obtient gain de cause immédiatement avec celui où la décision du juge est différée.

Les modèles présentés ci-dessous sont des modèles de renouvellement dans lesquels sont introduits les gains espérés liés à la défense des droits de propriété (valeur des opportunités). L'innovateur est, dans ce cadre, supposé maintenir en vigueur son titre tant que les recettes courantes d'exploitation auxquelles s'ajoutent la valeur des opportunités d'exploitation excèdent le coût courant d'exploitation. Les décisions d'investissement se déduisent de la valeur privée.

La section 1 se propose d'évaluer le poids des coûts de détection en contrefaçon ; celui des coûts de défense des droits de propriété industrielle sera estimé dans la section 2.

1. Imitation et détection

Seulement 37% des firmes victimes de contrefaçon ripostent en surveillant activement les marchés et la moitié seulement entame des poursuites judiciaires. Cette section se propose de déterminer les conséquences sur les décisions de renouvellement de l'impossibilité pour un innovateur victime de contrefaçon de faire valoir ses droits de breveté. L'idée défendue est que les coûts de détection constituent, comme les coûts d'entretien et ceux d'enregistrement, un frein à l'usage du brevet.

Aussi, les conséquences de l'imitation sur les décisions d'investissement en propriété industrielle seront évaluées dans la section 1.1. La façon dont les coûts de détection, lorsque l'innovateur ne peut pas agir en contrefaçon, influencent les décisions de renouvellement sera mise en évidence section 1.2.

1.1 L'impact de l'imitation sur les décisions de renouvellement du brevet

57% des firmes déposantes considèrent que le brevet n'empêche pas l'imitation. Dans les faits, le nombre d'entreprises capables d'imiter une innovation significative (resp. moyenne), quelle soit de produit ou de procédé, est de trois (resp. cinq et six). Les concurrents sont incités à imiter un produit ou procédé puisque le coût et le temps nécessaires à l'imitation sont faibles (Harabi [1997]). En effet, les coûts d'imitation pour

les innovations significatives sont inférieurs de 20% (resp. 50%) au coût de développement d'une innovation brevetée (resp. non brevetée). Ce taux s'élève à 30% (resp. 60%) pour les innovations courantes brevetées (resp. non brevetées). De plus, il faut en moyenne deux ans à une entreprise compétente pour imiter une innovation brevetée et acquérir une influence importante sur le marché.

Cette section se propose d'isoler l'impact de l'imitation sur les décisions de renouvellement indépendamment des stratégies de protection technologique. Les hypothèses du modèle seront présentées dans la section 1.1.1. La section 1.1.2. déduira de la valeur privée du brevet les décisions de renouvellement. Les principaux résultats seront dégagés dans la section 1.1.3.

1.1.1 Les hypothèses du modèle

La contrefaçon a pour effet de diminuer fortement les recettes d'exploitation courantes $R_t(T)$ en raison de l'annulation de commandes, des invendus, des pertes évaluées en termes de chiffre d'affaires et/ou de parts de marché¹⁰⁴. Ce manque à gagner est estimé à $(1-\alpha)$ avec $\alpha \in [0 ; 1]$. L'expression des rendements, une fois l'acte de contrefaçon réalisé, est :

$$R_t^{\text{contref}}(R_t(T)) = \alpha R_t(T)$$

Le maintien en vigueur de la protection est conditionné par l'acquittement des taxes de renouvellement $C_t(T)$ admettant pour expression¹⁰⁵ :

$$C_t(T) = C_0 e^{-rT} e^{rt}$$

Les frais de dépôt sont désignés par F . La valeur privée du brevet est égale au profit courant d'exploitation. Il est alors possible d'en déduire les nouvelles décisions de renouvellement.

1.1.2. Valeur privée et décisions de renouvellement

Le programme de maximisation de la firme est alors :

¹⁰⁴ Par exemple, Perrier SA implantée au Cheylard en Ardèche a déposé en 1990 un brevet en France portant sur un système de pince de manipulation de bouteilles. En 1992, une entreprise italienne a mis sur le marché un produit similaire. La société française estime sa perte commerciale à plusieurs millions de francs.

¹⁰⁵ Il s'agit de la fonction de coût définie dans le chapitre premier.

$$\begin{aligned} \text{Max}_{T,D} V_1(T, D) &= \int_T^{T+D} \alpha R_t(T) e^{-rt} dt - \int_T^{T+D} C_t(T) e^{-rt} dt - F e^{-rT} \\ \text{s.c. } T &\geq 0; D \geq 0 \end{aligned}$$

La valeur initiale du brevet $V_1(T, D)$ admet pour expression :

$$V_1(T, D) = \alpha \frac{\Pi_0}{\rho + r} e^{T(\delta - r)} \left(1 - e^{-D(\rho + r)} \right) - \frac{C_0}{r - \gamma} e^{-rT} \left(1 - e^{-D(r - \gamma)} \right) - F e^{-rT}$$

Les conditions du premier ordre, si $r - \delta > 0$, sont données par :

$$\begin{cases} \frac{\partial V_1(T, D)}{\partial T} = \alpha \frac{\Pi_0}{\rho + r} (\delta - r) e^{T(\delta - r)} \left(1 - e^{-D(\rho + r)} \right) + r e^{-rT} \left(\frac{C_0}{r - \gamma} \left(1 - e^{-D(r - \gamma)} \right) + F \right) = 0 \\ \frac{\partial V_1(T, D)}{\partial D} = \alpha \Pi_0 e^{T(\delta - r)} e^{-D(\rho + r)} - C_0 e^{-rT} e^{-D(r - \gamma)} = 0 \end{cases}$$

En désignant par

$$\hat{C}(D) = \frac{C_0}{r - \gamma} \left(1 - e^{-D(r - \gamma)} \right) \geq 0 \quad \text{et} \quad \hat{\Pi}(D) = \frac{\Pi_0}{\rho + r} \left(1 - e^{-D(\rho + r)} \right) \geq 0$$

les indicateurs actualisés du coût de renouvellement et du profit, alors le couple de dimensions temporelles optimales est donné par le système :

$$(T_1^*, D_1^*)$$

$$\begin{cases} T_1^*(D) = \frac{1}{\delta} \left\{ \ln \frac{r}{r - \delta} + \ln \frac{\hat{C}(D) + F}{\alpha \hat{\Pi}(D)} \right\} \\ D_1^*(T) = \frac{1}{\gamma + \rho} \left\{ \ln \alpha + \ln \frac{\Pi_0}{C_0} + T\delta \right\} \end{cases}$$

1.1.3. Les résultats

L'impact de l'imitation sur les décisions de renouvellement peut être dégagé en comparant la situation où les imitations des technologies sont développées avec celle où elles n'existent pas¹⁰⁶. Deux résultats ressortent de cette étude :

l'innovateur diffère sa date de dépôt ($T_1^* > T^*$),

il maintient son brevet en vigueur moins longtemps ($D_1^* < D^*$).

La tendance à reporter la date de dépôt s'explique par la volonté des innovateurs, d'une part, de priver leurs concurrents d'informations technologiques et, d'autre part, de mettre au point une innovation dotée d'un degré de sophistication plus élevé. L'objectif de la firme est, dans le second cas, de réduire le nombre d'entreprises capables d'imiter l'innovation car plus l'innovation est significative, moins nombreuses sont les entreprises capables de l'imiter.

De plus, il semble que la durée de vie soit raccourcie. Ce résultat est en contradiction avec celui de Duguet-lung [1997] qui montrent que le taux d'imitation a un effet positif sur la durée de vie du brevet puisque les firmes compensent un flux de profit plus faible par une protection plus longue. La contradiction entre ces conclusions pourrait se justifier par le fait que l'innovateur supporte seul les coûts de renouvellement alors que les bénéfices d'exploitation sont partagés entre tous les concurrents. Aussi, les coûts d'entretien du brevet sont à l'origine de la tendance des innovateurs à raccourcir la durée de protection. La proposition 1 se déduit de l'analyse.

Proposition 1 : L'imitation conduit l'innovateur à conserver quelques temps son innovation secrète et à écourter la durée de protection de son titre.

Après avoir déterminé les conséquences de l'imitation sur les décisions d'investissement en propriété industrielle, il convient d'évaluer celles de l'investissement en détection de contrefaçons.

1.2 Détection de contrefaçons et décisions de renouvellement

Trois modalités de contrefaçon peuvent être mises en évidence :

La copie avec reprise de l'apparence grossière ou facilement détectable par le consommateur qui touche 15% des firmes,

La copie avec reprise de l'apparence intelligente concerne 39% des firmes,

La copie sans reprise de l'apparence touche 31% des entreprises.

De plus, ces actes de contrefaçon sont quelque fois inattaquables. En effet, si l'innovateur

¹⁰⁶ Les décisions de renouvellement admettent pour expression et .

introduit suffisamment de modifications, le brevet est légalement contourné ; par conséquent, même si la contrefaçon est détectée, l'assignation en justice du concurrent est impossible¹⁰⁷.

Cette section se propose d'évaluer les modifications de comportements des innovateurs lorsque ces derniers supportent *en sus* du manque à gagner induit par l'imitation des coûts de détection de contrefaçons. Les décisions de renouvellement déduites de la valeur privée des brevets seront déterminées dans la section 1.2.1. L'incidence de ces coûts est évaluée dans la section 1.2.2.

1.2.1. Décisions de renouvellement et valeur privée du brevet

Les profits courants se composent de recettes d'exploitation lorsqu'il y a contrefaçon ($R_t^{contref}(R_t(T))$), des coûts de renouvellement ($C_t(T)$) et de détection de la

contrefaçon ($K_t(T)$) supposés proportionnels aux coûts de renouvellement, soit :

$$K(C_t(T)) = aC_t(T)$$

avec a un paramètre exogène constant ($a > 1$)¹⁰⁸.

Le nouveau programme de maximisation de la firme est alors :

$$\begin{aligned} \text{Max}_{T,D} V_2(T,D) &= \int_T^{T+D} \alpha R_t(T) e^{-rt} dt - (1+a) \int_T^{T+D} C_t(T) e^{-rt} dt - Fe^{-rT} \\ \text{s.c. } T &\geq 0, D \geq 0 \end{aligned}$$

La valeur initiale du brevet $V_2(T,D)$ admet pour expression :

$$V_2(T,D) = \alpha \frac{1-\delta}{\rho+r} \left(e^{T(\delta+r)} - e^{-D(\delta+r)} \right) - (1+a) \frac{C_t}{r} e^{-rT} \left(1 - e^{-D(r+\delta)} \right) - Fe^{-rT}$$

Les conditions du premier ordre, si $r-\delta > 0$, sont données par :

¹⁰⁷ Cette configuration s'apparente également à celle où les ressources financières de l'innovateur ne lui permettent pas d'assigner le contrefacteur en justice. Sont concernées par ce problème les PME notamment lorsqu'elles sont confrontées aux grandes entreprises.

¹⁰⁸ Il serait également possible d'endogénéiser le paramètre a considéré afin de faire varier les coûts de détection en fonction, soit de l'augmentation du nombre d'imitateurs potentiels, soit de la taille du marché etc.

$$\begin{cases} \frac{\partial V_2(T, D)}{\partial T} = \alpha \frac{\Pi_0}{\mu - r} (\delta - r) e^{-(\mu - r)T} (1 - e^{-(r + \rho)D}) + r e^{-rT} \left((1 + \alpha) \frac{C_0}{r - \gamma} (1 - e^{-(r - \gamma)D}) - F \right) = 0 \\ \frac{\partial V_2(T, D)}{\partial D} = \alpha \Gamma_2 e^{-(\mu - r)T} (\rho - (r + \rho)) (1 - \alpha) C_0 e^{-rT} e^{-(r - \gamma)D} = 0 \end{cases}$$

Le couple (T_2^*, D_2^*) de dimensions temporelles optimales est donné par le système :

$$\begin{cases} T_2^*(D) = \frac{1}{\delta} \left\{ \ln \frac{r}{r - \delta} + \ln \frac{(1 + \alpha) \hat{C}(D) + F}{\alpha \hat{\Pi}(D)} \right\} \\ D_2^*(T) = \frac{1}{\gamma + \rho} \left\{ \ln \frac{\alpha}{1 + \alpha} + \ln \frac{\Pi_0}{C_0} + T \delta \right\} \end{cases}$$

Après avoir déterminé les décisions de renouvellement, il est alors possible d'évaluer l'influence des coûts de détection des actes contrefaits sur le comportement de l'innovateur.

1.2.2 Le poids des coûts de détection

Le poids des coûts de détection sur les décisions de renouvellement peut être estimé en comparant, d'une part, T_1^* avec T_2^* et, d'autre part, D_1^* avec D_2^* . Deux

résultats majeurs peuvent être mis en évidence :

Il existe une tendance des innovateurs à conserver les innovations secrètes s'ils ne sont pas en mesure de poursuivre les contrefacteurs (section 1.2.2.1.),

La durée de vie du brevet est écourtée (section 1.2.2.2.).

1.2.2.1 Les coûts de détection : un obstacle au brevet

Si une entreprise désirant mener des activités de veille afin de détecter d'éventuelles contrefacteurs sait qu'elle ne sera pas en mesure de les poursuivre, alors elle aura tendance à garder temporairement son innovation secrète ($T_2^* > T_1^*$). Ainsi, l'usage du

secret comme mode de protection industrielle trouve ici une justification autre que la volonté de mettre au point une innovation dotée d'un degré de sophistication plus élevé

ou de dissuader l'entrée. Les coûts de détection de contrefaçon doivent être conçus comme un obstacle au dépôt de brevet.

Proposition 2 : Les coûts de détection sont également un frein au dépôt de brevet.

Pour réduire cet investissement, certaines entreprises créent des organisations de lutte anti-contrefaçon. Ces associations ont pour objectif, d'une part, de diminuer les coûts de détection des entreprises et, d'autre part, de leur permettre de lutter plus efficacement contre la contrefaçon. Par exemple, en septembre 1997 a été lancée l'ICCE (Coalition des Consommables de l'Image d'Europe) afin de combattre le commerce des consommables contrefaits pour imprimantes. Ces derniers, provenant essentiellement des pays les plus pauvres, représentent environ 5% du total des produits vendus en Europe, soit un coût évalué à 500 millions de dollars US par an. L'objectif de cette association est :

de former l'ensemble de la chaîne de distribution afin d'éviter aux consommateurs d'être victimes de contrefaçon,

de créer un forum d'échange d'informations,

de poursuivre de nombreux contrefacteurs.

La formation de telles associations est un moyen de partager les coûts de détection ; par conséquent, les mesures des pouvoirs publics visant à inciter les innovateurs à utiliser le système des brevets, telles que l'abaissement des coûts d'entretien du brevet, pourraient être complétées par des aides à la création de telles associations.

1.2.2.2 Une durée de vie plus courte

L'imitation d'un produit a pour effet de raccourcir la durée de vie du brevet ($D^* > D_1^*$).

Cette tendance est renforcée ($D_1^* > D_2^*$) lorsque l'entreprise, *en sus* des pertes

d'exploitation, subit des coûts de détection de contrefaçons. La faible rentabilité du brevet se justifie par :

Des erreurs d'évaluation de la profitabilité de l'innovation dans la mesure où le brevet est déposé à une étape prématurée du processus d'innovation,

L'importance des coûts de détection de contrefaçons qui ont pour conséquence de diminuer les profits courants.

Proposition 3 : Les coûts de détection incitent l'innovateur à protéger son innovation moins longtemps.

Toutefois, ce résultat n'est valable que si l'action en justice est, soit impossible, soit non souhaitable. Il convient alors d'intégrer dans le calcul économique de l'innovateur la possibilité pour ce dernier d'assigner en justice celui qu'il considère comme contrefacteur.

2. Imitation et action en justice

La défense des droits de propriété exige une évaluation systématique des réalisations techniques afin de détecter les éventuelles contrefaçons et assigner les auteurs devant les tribunaux. L'action en justice est destinée non seulement à faire cesser l'empiétement indu sur le droit du breveté mais aussi à obtenir réparation c'est-à-dire des dommages-intérêts. Or ces frais de justice sont prohibitifs ; par conséquent, tous les brevets ne seront pas systématiquement défendus. Aussi, de nouvelles formes de contrefaçons illicites, quelles soient non détectées ou non combattues, se développent. La possibilité d'agir en contrefaçon modifie-t-elle l'attitude des innovateurs ? Sont-ils incités à breveter le plus tôt possible leur(s) innovation(s) et pour une durée plus longue ?

Cette section se propose d'estimer l'impact des frais de justice sur les décisions de renouvellement. Il s'agit de montrer que :

• Les frais de justice sont un obstacle au dépôt de brevet,

• La durée de vie est raccourcie puisque l'innovateur est privé d'une partie des bénéfices découlant de ses efforts de R&D.

• Les résultats de l'action en contrefaçon dépendent de l'issue du procès et du délai existant entre le moment où l'action est intentée et celui où le jugement est rendu. Trois analyses de statique comparative seront menées afin d'isoler l'influence des frais de défense, de l'issue du procès et de la longueur de la procédure.

Dans la section 2.1. le tribunal saisi, d'une part, donne raison au plaignant et, d'autre part, statue immédiatement. Dans la section 2.2., le plaignant obtient gain de cause mais la procédure d'action en contrefaçon est longue. Dans la section 2.3., l'innovateur est débouté.

2.1 Action en justice, gain de cause et jugement immédiat

L'action en contrefaçon appartient au breveté ; celui-ci doit prendre en charge la détection de la contrefaçon et les coûts d'un procès. Cette section se propose d'évaluer l'impact des frais de justice sur les décisions de renouvellement afin d'estimer l'efficacité du système des brevets.

Les hypothèses du modèle seront présentées dans la section 2.1.1. ; les décisions de

renouvellement issues de la valeur privée du titre seront déterminées dans la section 2.1.2. Les modifications de comportements de l'innovateur seront déduites dans la section 2.1.3. en comparant le couple de solutions optimales à celui obtenu lorsque seuls les coûts de détection de contrefaçon sont supportés.

2.3.1 Les hypothèses du modèle

Si le jugement rendu à la période $t+1$ est en faveur du plaignant, ce dernier obtiendra des dommages-intérêts $DM(R_t(T))$ réparant les dépenses investies dans un procès $L(R_t(T))$.

L'indemnisation du préjudice subi est le résultat le plus évident de l'action en contrefaçon. Or aucun texte ne définit le contenu de l'indemnisation. La pratique consiste à dissocier les cas où :

l'invention est exploitée par le breveté ; le manque à gagner est alors fixé en prenant pour base les bénéfices nets que le breveté aurait pu réaliser en l'absence du(es) acte(s) de contrefaçon,

l'invention n'est pas exploitée ; le manque à gagner est alors estimé au prix d'une licence.

De plus, la proportionnalité entre le préjudice subi et la réparation allouée n'est pas unitaire. En effet, les dommages-intérêts accordés par le juge ne représentent que 31% en moyenne des sommes réclamées par le plaignant. Soit ε le taux de préjudice alloué en guise de réparation avec $\varepsilon \in [0 ; 1]$. Les dommages-intérêts versés à l'issue du procès admettent comme expression :

$$DM(R_t(T)) = \varepsilon (1 - \alpha) R_t(T)$$

Les frais de dépens¹⁰⁹ englobent les honoraires d'avocats, les taxes et redevances et les rémunérations des experts. Ils sont estimés en France à 200 000 fr. Par hypothèse, les coûts L d'un procès en contrefaçon sont proportionnels aux dommages subis. Leur expression est donnée par :

$$L(R_t(T)) = k(1 - \alpha) R_t(T)$$

avec $k > 0$ et $k > \varepsilon$ puisque la proportionnalité entre le préjudice subi et la réparation allouée n'est pas unitaire. Sachant que les deux tiers des poursuites judiciaires sont déclenchés quasi-systématiquement dès la connaissance des contrefaçons, les frais de

¹⁰⁹ Les dépens afférents aux instances, actes et procédures d'exécution comprennent : les droits, les taxes, les redevances ou émoluments, les indemnités de témoins, la rémunération des techniciens, les émoluments des officiers publics ou ministériels et la rémunération des avocats (Art. 696 du Nouveau Code de procédure civile).

justice seront, par hypothèse, versés en une seule fois au début de l'action. De plus, l'innovateur dispose, par hypothèse, de liquidités suffisantes pour financer l'action en contrefaçon.

Les opportunités d'exploitation se définissent comme le supplément de gain – à savoir la valeur de la réparation nette des coûts de l'action en justice - pouvant être obtenu par l'innovateur s'il agit en contrefaçon. Aussi, la valeur espérée $E(v(R_T(T)))$

des opportunités d'exploitation admet pour expression :

$$E(v(T)) = \int_0^{+\infty} (1-\alpha)(\varepsilon-k)R_T(T)e^{-rs} ds = \frac{(1-\alpha)(\varepsilon-k)}{r} R_T(T)$$

2.1.2 La valeur privée du brevet et décision de renouvellement

Si le jugement est prononcé sans délai, les frais de procès et dommages-intérêts seront respectivement versés et perçus en même temps.

Le programme de maximisation de la firme est alors :

$$\max_{T,D} V_3(T,D) = \int_T^{T+D} \left(\alpha + \frac{(1-\alpha)(\varepsilon-k)}{r} \right) R_T(T) e^{-rt} dt - (1+\alpha) \int_T^{T+D} C_T(T) e^{-rt} dt - F e^{-rT}$$

$\forall T \geq 0, D \geq 0$

La valeur initiale du brevet $V_3(T,D)$ admet pour expression :

$$V_3(T,D) = e^{-rT} \left(\frac{(1-\alpha)(\varepsilon-k)}{r} \right) \frac{1 - e^{-r(T+D)}}{1 - e^{-rD}} - (1+\alpha) \frac{C_T(T)}{r} (1 - e^{-rD}) - F e^{-rT}$$

Soit A la fraction des recettes courantes d'exploitation obtenues une fois l'acte de contrefaçon réalisé avec

$$A = \left(\alpha + \frac{(1-\alpha)(\varepsilon-k)}{r} \right)$$

si $r-\delta > 0$, sont données par :

$$\begin{cases} \frac{\partial V_3(T,D)}{\partial T} = A \frac{1-\alpha}{\nu+r} (\delta-r) e^{-r(T+D)} \left[-e^{-r(T+D)} + e^{-rD} \right] + e^{-rT} \left[(1-\alpha) \frac{C_T}{r-\delta} \left(-e^{-rD} + e^{-r(T+D)} \right) + F \right] = 0 \\ \frac{\partial V_3(T,D)}{\partial D} = A \frac{1-\alpha}{\nu+r} (\delta-r) e^{-r(T+D)} \left[1 - \alpha \right] \frac{C_T}{r-\delta} e^{-rD} = 0 \end{cases}$$

(T_3^*, D_3^*) de dimensions temporelles optimales est donné par le système :

$$\begin{cases} T_3^*(D) = \frac{1}{\delta} \left\{ \ln \frac{r}{r-\delta} + \ln \frac{(1+a)\hat{C}(D)+F}{A\hat{\Pi}(D)} \right\} \\ D_3^*(T) = \frac{1}{\gamma + \rho} \left\{ \ln \frac{A}{1+a} + \ln \frac{\Pi_0}{C_0} + T\delta \right\} \end{cases}$$

La comparaison de ce couple de dimensions optimales avec celui (T_2^*, D_2^*) permet

d'isoler l'impact des frais de justice sur le comportement économique de l'innovateur.

2.1.3 Le poids des coûts de procès

Estimer le poids des frais de justice nécessite de comparer les décisions de renouvellement lorsqu'un innovateur défend ses droits avec le cas où il détecte seulement les contrefaçons. L'action en contrefaçon a pour conséquence :

De retarder de nouveau la date de dépôt du brevet ($T_3^* > T_2^* > T_1^* > T^*$),

De raccourcir la durée de la protection ($D^* > D_1^* > D_2^* > D_3^*$).

2.1.3.1 L'investissement en défense : un obstacle au dépôt de brevet

Si la stratégie de protection technologique de la firme est complète, c'est-à-dire qu'elle investira non seulement en détection de contrefaçon mais aussi en défense de ses droits de propriété, alors elle sera incitée à déposer son brevet plus tard.

Proposition 4 : Les frais de justice peuvent alors également être considérés comme des obstacles au dépôt de brevet.

Il semble que l'essence du brevet à savoir l'opportunité d'agir en contrefaçon incite fortement les innovateurs à ne pas utiliser ce mode de protection. Les firmes auront alors tendance :

A ne pas ester en justice pour faire valoir leurs droits dans les domaines où le risque de voir leur(s) brevet(s) non respecté(s) augmente ; c'est pourquoi certaines firmes dont

notamment les PME orientent leur recherche en fonction des risques de contrefaçon,

A opter pour la transaction¹¹⁰ même en des termes qui leur sont défavorables. 31% des victimes de contrefaçons sont concernées par ce mode de résolution de conflit.

Etant donné que les coûts liés à la défense des droits de propriété sont supérieurs aux avantages, l'innovateur a tendance à maintenir son brevet au moins temporairement secret ; l'*effet irréversibilité* prévaut. Cet effet est d'autant plus fort que les coûts de protection technologique sont élevés.

2.1.3.2 Les frais de justice : une réduction de la durée de protection

Les coûts d'entretien du brevet (coûts de renouvellement et de dépôt) sont augmentés des opportunités de gain liées à l'action en contrefaçon qui s'apparentent plus à des opportunités de pertes. Aussi, la valeur privée du brevet est réduite ; les innovateurs suspendent leur protection précocement.

Proposition 5 : Les frais de justice sont à l'origine de la déchéance précoce du brevet.

Après avoir évalué l'incidence des frais de justice sur les décisions de renouvellement lorsque le jugement est rendu sans délai, il convient d'analyser quelles sont les conséquences d'un délai entre le moment où l'action en contrefaçon est intentée et celui où le jugement est rendu.

2.2. Action en justice, gain de cause et jugement différé

Cette section se propose de souligner l'impact d'un report de la décision de justice sur les dimensions temporelles de l'innovateur¹¹¹. L'idée défendue est que la lenteur des procédures judiciaires incite l'innovateur à utiliser le secret comme mode de protection et à maintenir son brevet en vigueur moins longtemps.

Aussi, les hypothèses du modèle seront présentées dans la section 2.2.1. Les décisions d'investissement seront déterminées dans la section 2.2.2. Les principaux résultats seront explicités dans la section 2.2.3.

2.2.1 Les hypothèses du modèle

La fonction de profits courants dépend :

¹¹⁰ Des recettes d'exploitation
La transaction se veut un recours lorsqu'elle est gagnée par le titulaire du brevet, différent fort à probabilité que le titulaire du brevet gagne le procès en contrefaçon, $R_T^{contref}(R_T(T)) = \alpha R_T(T)$ une fois dans la mesure où il propose une solution pour faire cesser le préjudice av.

¹¹¹ Dans les faits, le prononcé du jugement est retardé par rapport au jugement lui-même. Par souci de simplification, la date où le jugement est rendu et celle où il est prononcé sont supposées confondues.

Du coût total du brevet qui se compose :

- des coûts de renouvellement $C_t(T)$,
- des coûts de détection $K(C_t(T)) = aC_t(T)$.

Si un laps de temps sépare le moment où l'action en contrefaçon est intentée de celui où le jugement est rendu, alors la valeur des opportunités est modifiée. Considérer que le jugement est différé revient à introduire une incertitude quant à la durée de la procédure. La date aléatoire τ à partir de laquelle est rendu le jugement suit une loi exponentielle de paramètre λ ¹¹². La valeur des opportunités est telle que :

pour tout $t \in [0 ; \tau]$, l'innovateur ne perçoit aucune recette. En revanche, son action en contrefaçon lui coûte

$$L(R_t(T)) = k(1 - \alpha) R_t$$

dès que la condamnation est prononcée c'est-à-dire pour tout $t \in [\tau ; +\infty[$, il

percevra les dommages-intérêts $DM(R_t(T)) = \varepsilon(1 - \alpha) R_t(T)$ qui lui sont dus.

La valeur des opportunités de gains inhérents à l'action en contrefaçon est alors:

$$V = - \int_0^{\tau} k(1 - \alpha) R_t(T) e^{-rs} ds + \int_{\tau}^{+\infty} \varepsilon(1 - \alpha) R_t(T) e^{-rs} ds$$

La valeur espérée escomptée des opportunités d'exploitation devient :

$$E(V(R_t(T))) = \left[\frac{(1 - \alpha)(k + \varepsilon)}{r} \times \frac{\lambda}{\lambda + r} - \frac{\varepsilon k(1 - \alpha)}{r} \right] R_t$$

Le programme de maximisation de la firme est alors :

¹¹² Le paramètre désigne la probabilité instantanée que le jugement soit rendu dans l'intervalle de temps sachant qu'il ne l'était pas jusque là.

$$\begin{aligned} \text{Max}_{T,D} V_4(T, D) &= \int_T^{T+D} BR_t(T) e^{-rt} dt - (1+a) \int_T^{T+D} C_t(T) e^{-rt} dt - F e^{-rT} \\ \text{s.c. } T &\geq 0, D \geq 0 \end{aligned}$$

avec B la fraction des recettes courantes d'exploitation obtenues une fois l'acte de contrefaçon réalisé avec

$$B = \left(\alpha - \frac{k(1-\alpha)}{r} + \frac{(1-\alpha)(k+\varepsilon)}{r} \right) \times \frac{\lambda}{\lambda+r} \quad \text{La}$$

valeur initiale du brevet $V_4(T, D)$ admet pour expression :

$$V_4(T, D) = B \frac{\Pi_0}{\rho+r} e^{T(\delta-r)} (1 - e^{-D(\rho+r)}) - (1+a) \frac{C_0}{r-\gamma} e^{-rT} (1 - e^{-D(r-\gamma)}) - F e^{-rT}$$

Les conditions du premier ordre, si $r-\delta > 0$, sont données par :

$$\begin{cases} \frac{\partial V_4(T, D)}{\partial T} = B \frac{\Pi_0}{\rho+r} (\delta-r) e^{T(\delta-r)} (1 - e^{-D(\rho+r)}) - r e^{-rT} \left((1+a) \frac{C_0}{r-\gamma} (1 - e^{-D(r-\gamma)}) + F \right) = 0 \\ \frac{\partial V_4(T, D)}{\partial D} = B \Pi_0 e^{-rT} (e^{-D(\rho+r)} - 1) - (1+a) C_0 e^{-rT} e^{-D(r-\gamma)} = 0 \end{cases}$$

Le couple (T_4^*, D_4^*) de dimensions temporelles optimales est donné par le

système :

$$\begin{cases} T_4^*(D) = \frac{1}{\delta} \left\{ \ln \frac{r}{r-\delta} + \ln \frac{(1+a)\hat{C}(D) + F}{B\hat{\Pi}(D)} \right\} \\ D_4^*(T) = \frac{1}{\gamma+r} \left\{ \ln \frac{B}{1+a} + \ln \frac{\Pi_0}{C_0} + T\delta \right\} \end{cases}$$

2.2.2 L'impact des délais de règlement de conflit

Pour estimé le rôle joué par le temps s'écoulant entre le moment du déclenchement des

T_4^* avec T_3^* et la durée de dépôt D_4^* avec D_3^* . Ainsi, l'incertitude quant à la date

de règlement du conflit a pour effet :

De retarder encore la date de dépôt de brevet ($T_4^* > T_3^* > T_2^* > T_1^* > T^*$),

De raccourcir de nouveau la durée de protection ($D^* > D_1^* > D_2^* > D_3^* > D_4^*$).

Plus le jugement est rendu tardivement, plus l'incitation de l'innovateur à conserver au moins temporairement son innovation secrète est forte et plus la durée du vie du brevet est courte. En effet, plus la procédure est longue, plus les dépens de justice sont importants ; c'est pourquoi, l'effet irréversibilité se renforce. Pour quelles raisons ces procédures sont-elles longues ?

En France, seulement dix Tribunaux de Grande Instance (TGI) - seul tribunal compétent pour régler les litiges de contrefaçon de brevets – peuvent être saisis. De plus, 80% des affaires sont traités par le Tribunal de Grande Instance de Paris. Ainsi, cette centralisation des affaires sur le TGI de Paris a pour effet d'allonger la durée des procédures et par conséquent d'inciter les innovateurs à conserver leurs innovations secrètes quelques temps.

Proposition 6 : La longueur des procédures judiciaires a pour effet de retarder la date de dépôt des brevets et de maintenir la protection moins longtemps en vigueur.

Or si le jugement survient dans les trois mois, la probabilité que le titulaire du brevet gagne le procès est de 84% contre 61% si le jugement est rendu un an après. Aussi, dans la mesure où les procédures judiciaires sont longues, il convient d'étudier l'impact de l'issue du procès sur les décisions de renouvellement.

2.3 Action en justice déboutée

Cette section se propose d'évaluer l'incidence de la perte d'un procès sur les décisions de renouvellement. L'idée défendue dans cette section est que, si une firme estime que ses chances de gagner un procès sont faibles, alors elle brevetera son innovation le plus tard possible et pour moins longtemps.

La section 2.3.1. présente les hypothèses du modèle. La valeur privée du brevet est déterminée dans la section 2.3.2. afin d'en déduire les décisions de renouvellement optimales. Les principaux résultats sont ensuite mis en évidence dans la section 2.3.3.

2.3.1 Les hypothèses du modèle

Si l'innovateur assigne celui qu'il considère comme contrefacteur en justice, ses profits d'exploitation courants se composent :

Des recettes d'exploitation induites par l'imitation

$$R_t^{contref} (R_t(T))$$

Des coûts d'entretien du brevet à savoir les coûts de renouvellement $C_t(T)$, ceux de détection de contrefaçon $K(C_t(T))$ et ceux de dépôt F .

Les opportunités d'exploitation prennent la forme de pertes évaluées à la valeur espérée escomptée des coûts de l'action en justice puisque le plaignant n'obtient pas gain de cause. La valeur de ces opportunités est donnée par :

$$E(V(R_t(T))) = \int_0^{+\infty} k(1-\alpha) R_t(T) e^{-rs} ds = \frac{k(1-\alpha)}{r} R_t(T)$$

2.3.2 Valeur du brevet et décisions d'investissement

Le programme de maximisation de la firme est alors :

$$\begin{aligned} \underset{T,D}{\text{Max}} V_5(T,D) &= \int_T^{T+L} \left(\alpha - \frac{k(1-\alpha)}{r} \right) R_t(T) e^{-rt} dt - (\delta + c) \int_T^{T+L} C_t(T) e^{-rt} dt - F e^{-rT} \\ \text{s.c. } & T \geq 0, D \geq 0 \end{aligned}$$

avec A_t la fraction des recettes courantes d'exploitation acquises une fois l'acte de contrefaçon réalisé avec

$$A_t = \left(\alpha - \frac{k(1-\alpha)}{r} \right)$$

admet pour expression :

$$V_5(T,D) = A_t \frac{\Pi_0}{\rho} \frac{e^{r(D-\tau)}}{r} \left(1 - e^{-D(\rho-\tau)} \right) \left(1 + \alpha \frac{C_0}{r} e^{-rT} \left(1 - e^{-D(\rho-\tau)} \right) \right) F e^{-rT}$$

Les conditions du premier ordre, si $r-\delta > 0$, sont données par :

$$\frac{\partial V_2(T, D)}{\partial T} = A_1 \frac{\Pi_0}{\rho - r} (\delta - r) e^{-\delta T} (1 - e^{-(\rho+r)T}) + \rho e^{-\rho T} \left[(1 - \alpha) \frac{C_0}{r - \gamma} (1 - e^{-(\gamma+r)T}) + F \right] = 0$$

$$\frac{\partial V_2(T, D)}{\partial D} = A_1 \Pi_0 e^{-\delta T} e^{-(\rho+r)T} - (1 - \alpha) C_0 e^{-\gamma T} e^{-(\rho+r)T} = 0$$

Le couple (T_5^*, D_5^*) de dimensions temporelles optimales est donné par le

système :

$$\begin{cases} T_5^*(D) = \frac{1}{\delta} \left\{ \ln \frac{r}{r - \delta} + \ln \frac{(1 + \alpha) \hat{C}(D) + F}{A_1 \hat{\Pi}(D)} \right\} \\ D_5^*(T) = \frac{1}{\gamma + \rho} \left\{ \ln \frac{A_1}{1 + \alpha} + \ln \frac{\Pi_0}{C_0} + T \delta \right\} \end{cases}$$

2.3.3 L'issue du procès

Si l'innovateur se heurte à des difficultés telles qu'il anticipe de perdre son procès, alors il aura tendance à :

retarder la date de dépôt de son brevet ($T_5^* > T_4^* > T_3^* > T_2^* > T_1^* > T^*$) afin

d'éviter :

- de supporter des coûts de protection inutiles,
- que les concurrents le jugent incapable de se défendre efficacement.

raccourcira sa durée de protection ($D^* > D_1^* > D_2^* > D_3^* > D_4^* > D_5^*$).

Or 86% des entreprises qui portent plainte devant les tribunaux obtiennent gain de cause. Quelles sont donc celles concernées ? Il s'agit principalement :

des PME qui ne disposent pas des ressources financières suffisantes,

des entreprises ayant breveté leur(s) innovation(s) à l'étranger. En effet, si l'Europe se dote de règlements communautaires importants, les réglementations répressives des pays hors Union Européenne font souvent défaut. Aussi, certaines mesures pour contrer ce problème ont été mises en place telles que les actions et informations du secrétaire d'Etat à l'Industrie auprès des publics concernés, l'instauration de stands « contrefaçon » dans les salons professionnels ou de la mise en place d'une assurance anti-contrefaçon qui serait souscrite auprès de la COFACE.

Proposition 7 : Si l'innovateur anticipe que ses chances de gagner le procès sont faibles, alors son dépôt de brevet sera retardé et sa durée de protection allongée.

En résumé, la lutte anti-contrefaçon a pour conséquence, d'une part, de retarder la date de dépôt et, d'autre part, de raccourcir la durée de protection. Aussi, la défense des droits de propriété (détection de contrefaçon et action en justice) constitue un obstacle au dépôt de brevet. Elle est donc à l'origine de l'*effet irréversibilité*. Ces résultats se rapprochent du constat du Conseil Economique et Social dans son rapport de 1998 sur *Le rôle des brevets et des normes dans l'innovation et l'emploi* puisque parmi les propositions du Conseil Economique et Social figurent la nécessité :

de parvenir à une justice efficace sur le sol français,

de créer un système d'assurance-litiges,

d'organiser un système de défense performant.

Conclusion

Les coûts d'entretien du brevet et frais d'enregistrement sont considérés comme un frein au dépôt de brevet. Aussi, des mesures ont été prises par les pouvoirs publics pour les diminuer et inciter plus de firmes à utiliser le système de droit d'exception. L'idée défendue dans cette section est que les frais liés à la protection technologique (frais de détection de contrefaçons et d'assignation en justice) sont également un obstacle au dépôt du brevet. Pour cela, plusieurs modèles de renouvellement des brevets ont été présentés. Ils avaient pour objectif de déterminer l'impact sur les décisions de renouvellement des frais de détection et de justice, de la longueur des procédures judiciaires et les difficultés à gagner un procès. Il ressort de l'analyse que l'innovateur est incité :

à retarder la date de dépôt de son brevet. Cette motivation sera d'autant plus forte qu'il n'est pas indemnisé ou indemnisé avec retard. Ce résultat rejoint celui de Lerner [1995a] qui montre que la crainte des litiges oriente le choix des firmes. Aussi, les

entreprises qui supporteront les coûts les plus importants seront moins incitées à breveter leurs innovations dans les secteurs où les firmes en place ont non seulement déjà agi en contrefaçon mais aussi obtenu gain de cause.

les difficultés de lutte anti-contrefaçon conduisent les firmes à rapidement suspendre le renouvellement du brevet. Ce comportement résulte du fait que, contrairement aux configurations développées dans le chapitre premier, les opportunités d'exploitation inhérentes à l'action en contrefaçon n'engendrent pas des gains supplémentaires mais des pertes. Ces dernières diminuent la valeur privée du brevet et donc raccourcissent sa durée de vie.

Ainsi, les frais liés aux actions en contrefaçon conduisent les innovateurs, d'une part, à maintenir leur option d'exécution différée en vigueur plus longtemps et, d'autre part, à exercer l'option d'abandon plus vite.

Chapitre 3 : Course à l'innovation et/ou à l'amélioration et Efficacité du système des brevets

Introduction

le brevet d'invention est utilisé selon 93% des firmes déposantes pour dissuader l'entrée. Or il semble qu'il ne remplisse pas parfaitement cette fonction. Cette imperfection est-elle à l'origine de la sous-utilisation du système de protection industrielle ? Etudier la capacité d'un mode de protection à dissuader l'entrée revient à évaluer son efficacité c'est-à-dire juger de l'importance de l'*effet stratégique*. Sachant que l'imitation est à l'origine d'un *effet irréversibilité*, l'*effet stratégique* est-il annihilé par l'*effet irréversibilité* ?

Cette section se propose d'évaluer l'efficacité du système des brevets. Un système de protection est dit efficace s'il permet de dissuader l'entrée. Toutefois, l'importance de l'*effet stratégique* dépend du cadre retenu. Il s'agit alors de montrer que la considération de la séquentialité des décisions donne au système du secret une certaine efficacité ; dans ce cas, l'*effet irréversibilité* prévaut.

Dans la mesure où le choix d'un mode de protection est un processus séquentiel,

l'étude de l'efficacité du système des brevets sera menée en deux temps. Il convient, tout d'abord, de montrer que le système des brevets est statiquement efficace. Pour cela, les frontières de possibilités d'entrée et les zones d'influence stratégique, *i.e.* les zones où une décision dissuade l'entrée alors que l'autre l'autorise, seront isolées. Cependant, la prise en compte de la séquentialité diminue-t-elle cet *effet stratégique* ? L'efficacité dynamique du système de protection doit alors être évaluée. Deux étapes seront distinguées. Dans un premier temps, il convient de définir le système de protection qui se veut intertemporellement efficace. L'expression des frontières de possibilités d'entrée pourront, dans un second temps, être mises en évidence.

Le système de protection statiquement efficace sera déterminé dans la section 1. ; celui dynamiquement efficace le sera dans la section 2.

1. Efficacité statique du système des brevets

L'articulation, dans un cadre statique, entre engagement irréversible et décision flexible a été menée dans deux directions¹¹³. La première tradition prône le caractère complémentaire de ces deux concepts (Vives [1989]), la seconde démontre leurs effets antagonistes (Spencer-Brander [1992], Henry [1993], Lecostey [1994], Yildizoglu [1994], Boyer-Moreaux [1997]). Ces travaux, appartenant à la théorie des barrières à l'entrée, ont pour objet de comparer la valeur de l'irréversibilité liée au choix d'un volume de production à celle de la flexibilité du choix évaluée en terme de variation de coûts.

L'objet de cette section est de transposer cette articulation au système des brevets afin d'estimer son efficacité. Ce dernier est dit plus efficace que le système du secret si la capacité de l'innovateur à dissuader l'entrée est plus forte lorsqu'il utilise ce mode de protection. Aussi, les valeurs stratégiques des décisions irréversible et flexible seront comparées afin d'en déduire les frontières de possibilités d'entrée, les zones de dissuasion à l'entrée *i.e.* les zones où l'entrée est bloquée et les zones d'influence stratégique *i.e.* les zones où une décision dissuade l'entrée alors que l'autre l'autorise. Plus la zone d'influence stratégique du brevet est forte, plus le système des brevets est efficace.

La section 1.1. présente le modèle (hypothèses, séquences de décisions et fonctions de profits espérés). La section 1.2. montre qu'il n'existe aucune zone où la flexibilité de la décision dissuade l'entrée alors que l'irréversibilité de la décision l'autorise ce qui fait de l'investissement en propriété industrielle (brevet) un investissement où l'effet de report est fortement atténué.

1.1 Présentation du modèle

Avant d'analyser l'arbitrage *brevet versus secret*, il convient de présenter les hypothèses

¹¹³ Ces travaux sont présentés dans l'Annexe 3.1.

générales de comportement (section 1.1.1.), la séquence des décisions (section 1.1.2.) et les fonctions de profits conditionnelles aux états de la nature (section 1.1.3.).

1.1.1 Les hypothèses de comportement

Le cadre théorique retenu est celui d'un modèle où deux firmes $i = \{1,2\}$, une firme en place (noté 1) et un entrant (noté 2), supposées neutres au risque, sont engagées dans une course à l'innovation et/ou à l'amélioration.

L'innovation, l'amélioration ou le binôme innovation-amélioration garantissent un monopole parfait. Par hypothèse, l'amélioration rend caduc le brevet sur l'innovation. Ainsi, les profits provenant du brevet sur l'innovation ne sont perçus que durant la période de recherche à l'amélioration.

Si les coûts de production de l'innovation sont importants, ceux de l'amélioration demeurent plus faibles. Cette diminution de coûts – intrinsèque à l'innovation de processus – dépend du degré de profitabilité (resp.) de l'innovation (resp. binôme innovation-amélioration)¹¹⁴. Ce dernier est d'autant plus élevé que l'innovation de processus diminue les coûts de production. La fonction de coût, lorsque le brevet est bas¹¹⁵, est donnée par le système suivant :

$$CT(q) = \begin{cases} cq & \text{si innovation de base} \\ (c-s)q & \text{si amélioration} \end{cases}$$

lorsque q désigne la quantité totale produite dans l'industrie pour tous $c>0$ et $s<c$. La fonction de coût d'un brevet haut - si l'innovation est améliorable¹¹⁶ – est pour tout $\bar{s} > s$ et $\bar{s} < c$ ¹¹⁷ :

¹¹⁴ L'innovation est radicale si la firme qui la brevète s'empare du marché au prix de monopole, moyenne si l'innovateur dispose d'un monopole temporaire puisque ses concurrents, actifs, peuvent rattraper leur retard technologique et inférieure si le brevet devient dormant (Vickers [1985]).

¹¹⁵ Le brevet sera dit bas s'il ne protège qu'une génération de technologie. Aussi, seules l'innovation ou l'amélioration pourront être protégées par un brevet bas. Le brevet sera dit haut s'il porte sur les deux générations de technologie. Un brevet haut protégera le binôme innovation-amélioration.

¹¹⁶ « Une innovation est améliorable lorsque l'amélioration est mieux valorisée par un brevet déposé sur le binôme innovation-amélioration que par un brevet déposé uniquement sur l'amélioration » (Langinier [1997], p. 159). En revanche, si l'innovation est non améliorable, le profit espéré d'un brevet haut équivaut à celui d'un brevet bas sur l'amélioration.

¹¹⁷ Une nouvelle technologie est identique à l'ancienne si (brevet bas) ou (brevet haut).

$$CT(q) = (c - \bar{s})q$$

Pour rattraper le leader, l'entrant s'acquitte d'un coût fixe noté F représentant l'investissement nécessaire à l'appropriation de l'innovation tel que les dépenses en machine, en savoir-faire, les redevances de licences etc. Que la firme en place ait breveté l'innovation de base ou qu'elle l'ait gardée secrète, les coûts de rattrapage technologique de l'entrant sont évalués à F. En réalité, les coûts de rattrapage technologique, lorsque l'entrant ne bénéficie d'aucune divulgation d'informations technologiques, sont supérieurs à ceux subis lorsque l'innovation de base est brevetée.

Si les coûts sont connus avec certitude, les gains sont pour leur part aléatoires. En effet, lors du dépôt de brevet, l'information dont disposent les innovateurs concernant les caractéristiques du marché, est imparfaite. Soit un aléa supposé additif¹¹⁸ de moyenne et écart type respectivement μ et σ . Sa fonction de densité $f(\tilde{u})$ est définie sur l'intervalle

$[\underline{u}, \bar{u}]$ ¹¹⁹. Sachant que le bien produit est homogène, la spécification linéaire de la

fonction de demande inverse aléatoire est donnée par :

$$p(q) = (a - q + \tilde{u})$$

avec p, le prix du bien et , une constante positive $a > c$. Cette incertitude sur la demande se couple à une incertitude sur le processus de découverte supposé poissonnien¹²⁰. Il s'en suit que la distribution du temps d'attente suit une loi exponentielle de paramètre λ lorsque λ désigne la probabilité instantanée (taux de hasard) de faire la découverte sur un intervalle de temps $[t ; t+dt]$ sachant qu'aucune firme ne l'a faite précédemment.

Les deux firmes prennent leurs décisions avant la résorption de l'incertitude. L'équilibre recherché est celui de Nash parfait en sous-jeux. Le taux de préférence pour le présent continu est supposé unitaire.

¹¹⁸ L'hypothèse d'additivité des aléas signifie que « l'incertitude ne porte pas sur la pente de la droite de demande mais entraîne des déplacements de cette droite. En d'autres termes, l'aléa porte sur le niveau de la demande et non sur la structure de marché » (Llerena [1985], p. 220).

¹¹⁹ La valeur de doit être suffisamment élevée pour que les firmes aient des profits positifs. Cependant une valeur de suffisamment élevée peut permettre à l'entrant d' ε -préempter la firme en place.

¹²⁰ Ce processus poissonnien est sans mémoire. Aussi, la probabilité qu'une firme fasse une découverte et obtienne un brevet en un point du temps ne dépend que des dépenses en R&D de la firme et non de ses dépenses passées. Le temps moyen d'attente est si désigne la date de découverte de l'innovation.

1.1.2 Séquences de décisions

À la première période, le processus de décision est séquentiel. Tout d'abord, dès que la firme en place innove, la nature intervient en décidant du caractère améliorable ou non de l'innovation. Son ensemble de décisions est donné par $n \in N$ avec N l'ensemble des caractéristiques de l'innovation (améliorable ou non).

Connaissant la nature de l'innovation, le monopole choisit un mode de protection industrielle. Deux options se présentent à lui :

breveter immédiatement l'innovation (décision B) ; il obtient alors un brevet bas¹²¹,

conserver son innovation secrète (décision S) ce qui lui permettra de breveter ultérieurement une innovation dotée d'un degré de sophistication plus élevé ; le brevet est alors un brevet haut.

L'ensemble de décisions de première période du monopole en place est noté

$$\delta_1^1 \in \Delta_1^1 = \{B, S\}$$

Après avoir observé la décision de l'innovateur, l'entrant choisit :

de s'engager dans la course à l'innovation et/ou amélioration ($\phi=E$)¹²² ; son incitation à s'engager dans la course dépend de l'avantage qui lui est conféré par la nature¹²³,

de l'abandonner ($\phi=NE$).

Son ensemble de décisions de première période est donné par

$$\phi_2^1 \in \Phi_2^1 = \{E, NE\}$$

à la seconde étape, si la situation concurrentielle est duopolistique, la firme i pour tout $i = \{1,2\}$ qui innove en premier peut :

décider de déposer son brevet ; elle devient leader de Stackelberg et son concurrent -i est relégué au rang de suiveur,

¹²¹ Décider de breveter une innovation signifie être le premier à en faire la demande. Conserver une innovation secrète signifie retarder la demande de brevet. Elle peut :

¹²² L'entrée est une décision flexible puisqu'il est toujours possible pour le suiveur de reconsidérer ses choix et d'abandonner la course. breveter l'innovation ou innovation-amélioration,

¹²³ L'entrant est favorisé par la nature si elle lui permet de rattraper le leader.

la conserver secrète¹²⁴.

L'ensemble de décisions des firmes est donné par

$$\delta_{i,t}^2 \in \Delta_{i,t}^2 / E = \{B, S\}$$

Si l'entrant a jugé son retard trop important, la situation concurrentielle demeure monopolistique¹²⁵. Les ensembles de décisions sont donnés pour les firmes 1 et 2 respectivement par

$$\delta_1^2 \in \Delta_1^2 / NE = \{B, S\} \text{ et } \delta_2^2 \in \Delta_2^2 / NE = \{\emptyset\}$$

La figure 1 représente le schéma décisionnel de la course à l'innovation-amélioration quelles que soient les caractéristiques de l'innovation.

1.1.3 Fonctions de profits conditionnelles aux états de la nature

Les profits espérés des firmes sont tels que Π_i^k désigne la valeur présente des profits de Stackelberg lorsque la firme i est leader (l), suiveur (f) avec $k = \{l, f\}$, Π_i^c la valeur présente des profits de Cournot pour la firme i , Π_M la valeur présente des profits de monopole lorsque la nouvelle technologie est brevetée et Π_m la valeur présente des profits de monopole avec l'ancienne technologie¹²⁶.

Les profits espérés de la firme i se composent d'un *effet volatilité* (fonction de σ^2) et d'un *effet engagement* (fonction de μ). L'*effet volatilité* mesure le bénéfice informationnel des agents défini comme la valeur de l'information inhérente à chaque décision. Le gain informationnel de l'agent découle de la comparaison de bénéfices informationnels. En revanche, l'*effet engagement* – fonction du degré de profitabilité s (resp. \bar{s}) de l'innovation (resp. binôme innovation-amélioration) – évalue l'avance technologique d'une firme¹²⁷.

¹²⁴ La situation concurrentielle est alors celle d'un duopole à la Cournot.

¹²⁵ Dans la mesure où la firme 2 n'est pas entrée dans la course à la première étape, elle ne peut pas innover à la seconde période.

¹²⁶ Les fonctions de profits Π_i^k , Π_i^c , et Π_M sont supposées continues et continûment différentiables (Reinganum [1983]).

¹²⁷ L'avantage technologique de la firme dépend de sa position dans la course.

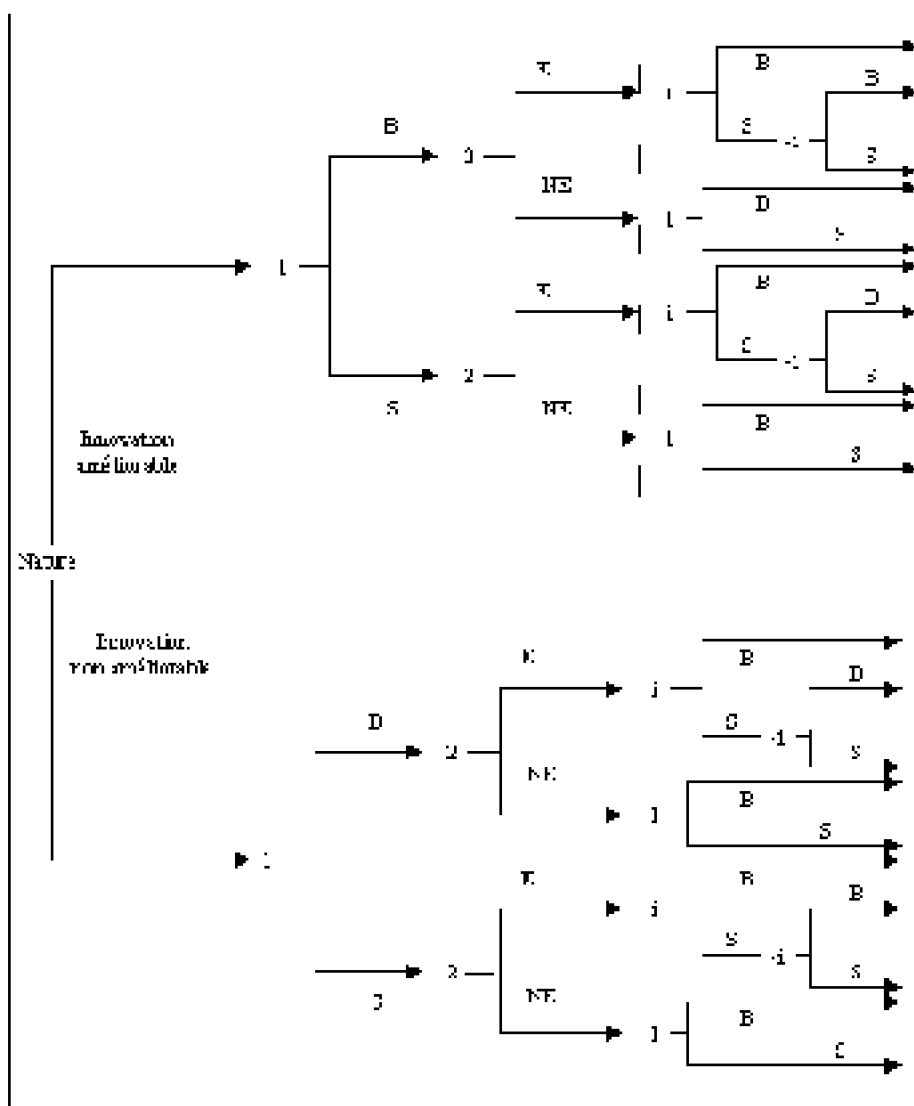


Figure 1 : Représentation des séquences de décision sous la forme d'un arbre de décision

Les fonctions de profits espérés dépendent du comportement de l'innovateur à la première période et du caractère améliorable (section 1.1.3.1.) ou non de l'innovation de base (section 1.1.3.2.).

1.1.3.1 Innovation améliorable

Deux configurations doivent être distinguées. Après avoir déterminé les fonctions de profit lorsque l'innovation de première technologie est brevetée (section 1.1.1.1.1.), elles les seront lorsque l'innovation de base est conservée secrète (section 1.1.1.1.2.). Il convient ensuite de comparer les deux situations (section 1.1.1.1.3.). Le schéma décisionnel de la course à l'innovation et/ou à l'amélioration est donné par la figure 2.

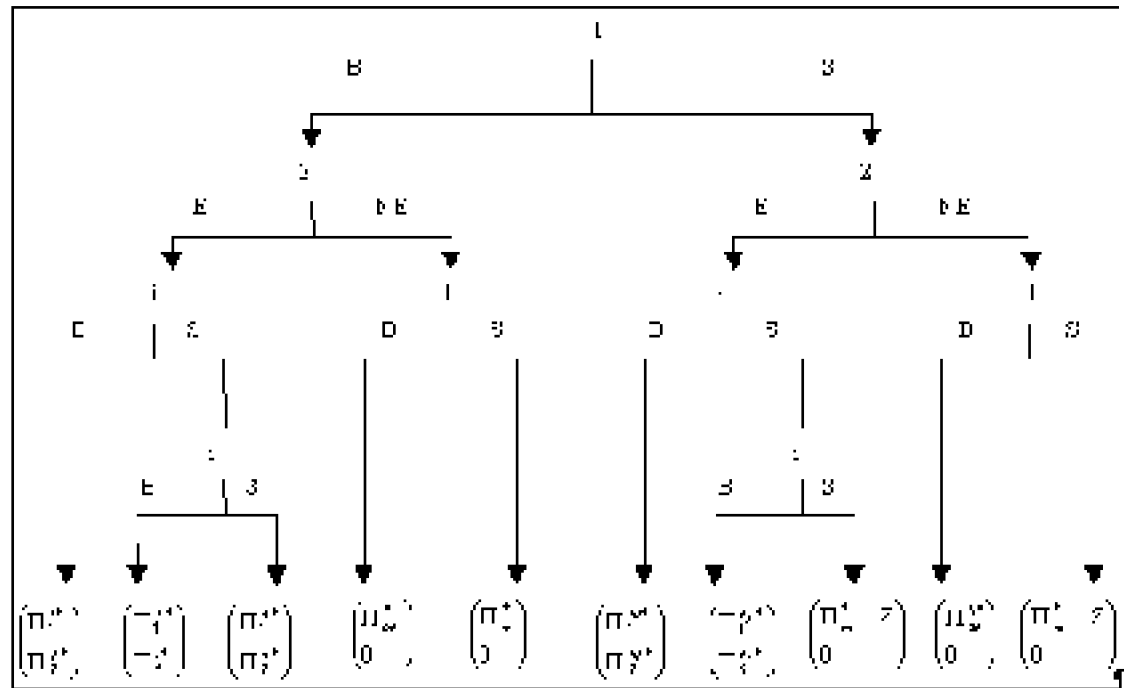


Figure 2 : Schéma décisionnel de la course à l'innovation et/ou à l'amélioration

1.1.3.1.1 Dépôt de brevet sur l'innovation.

Deux situations doivent être envisagées : les deux firmes sont engagées dans la course (compétition) *versus* la firme en place termine la course en solitaire (ϵ -*préemption*). Si les deux firmes sont à la première période en compétition, les quantités d'équilibre pour tout $i = \{1,2\}$ sont alors¹²⁸ :

$$q_i^{f*} = \frac{a+u-c+2s}{2} \cdot (\text{resp. } q_i^{f*} = \frac{a+u-c-2s}{3} \text{ pour le leader (resp. suiveur),$$

si l'amélioration est conservée secrète par les firmes.

$$q_i^{a*} = \frac{a+u-c}{3}$$

Si, à la première période, l'entrant décide d'abandonner la course, la situation monopolistique de la firme en place perdure. Ses quantités d'équilibre seront alors :

¹²⁸ Les fonctions de profit sont données dans l'Annexe 3.1.2.

$$q_M^* = \frac{a+u-c+s}{2} \text{ si les deux générations de technologie sont brevetées,}$$

$$q_m^* = \frac{a+u-c}{2} \text{ si seulement la première génération est brevetée.}$$

Si les firmes sont d'un point de vue technologique à égalité, les profits d'exploitation de l'entrant restent inférieurs à ceux de la firme en place en raison des coûts de rattrapage technologique. La matrice des profits espérés issus de l'équilibre de Nash de deuxième étape est donnée par le tableau 1¹²⁹.

¹²⁹ Les conditions de brevetabilité sont telles que les firmes 1 et 2 ne peuvent breveter la même innovation.

Firme 1	Brevet	Secret
Firme 2		
Révélation		$\overline{\pi I}_1^{R^*} = \frac{1}{8} [\sigma^2 - (a + \mu - c - 2s)^2] - F$ $\overline{\pi I}_1^{R^*} = \frac{1}{16} [\sigma^2 - (a + \mu - c - 2s)^2]$
Secret	$\overline{\pi I}_1^{S^*} = \frac{1}{14} [\sigma^2 + (a + \mu - c - 2s)^2] - F$ $\overline{\pi I}_1^{S^*} = \frac{1}{8} [\sigma^2 - (a + \mu - c - 2s)^2]$	$\overline{\pi I}_2^{S^*} = \frac{1}{9} [\sigma^2 + (a + \mu - c)^2] - F$ $\overline{\pi I}_2^{S^*} = \frac{1}{9} [\sigma^2 + (a + \mu - c)^2]$
Absence d'entrée	$\overline{\pi I}_2^{\sim} = 0$ $\overline{\pi I}_2^{\sim} = \frac{1}{4} [\sigma^2 + (a + \mu - c + s)^2]$	$\overline{\pi I}_2^{\sim} = 0$ $\overline{\pi I}_2^{\sim} = \frac{1}{4} [\sigma^2 - (a + \mu - c)^2]$

Tableau 1 : Profits espérés d'équilibre

Ces fonctions de profits espérés permettent d'isoler du bénéfice informationnel un gain informationnel. Le bénéfice informationnel retiré par un agent découle :

- des travaux de recherche interne générateurs de connaissance,

- de l'information privée concernant, soit la valeur de l'invention¹³⁰ (Wright [1983], Scotchmer [1999]), soit le degré de profitabilité du marché (Langinier-Crampes [1998]), soit le retard dans l'introduction d'une imitation (DeLaat [1997]), soit la valeur de la protection par les brevets (Pakes-Schankerman [1984], [1986], Schankerman [1998]),

¹³⁰ de la divulgation des informations contenues dans la demande de brevet (Duguet-Kabla [1998]).
 L'innovateur est le seul à disposer de toute l'information nécessaire à l'évaluation de l'innovation. Son concurrent ne peut qu'interpréter positivement ou négativement le dépôt de brevet.

Ces bénéfices informationnels sont évalués en fonction, d'une part, de la décision de première période de l'entrant et, d'autre part, des décisions de seconde période des acteurs. Aussi :

si la situation concurrentielle est monopolistique, le bénéfice informationnel de l'entrant est nul ; celui de la firme en place est évalué à

$$\frac{\sigma^2}{4}$$

si la situation concurrentielle est duopolistique, le bénéfice informationnel de la firme est évalué à :

$\frac{\sigma^2}{8}$ si elle brevète l'amélioration seule,

$\frac{\sigma^2}{9}$ si l'amélioration est conservée secrète par les deux firmes,

$\frac{\sigma^2}{16}$ si le brevet bas sur l'amélioration est détenu par la firme concurrente à savoir -i.

La comparaison des bénéfices informationnels permet de mettre en évidence des gains informationnels. Ces derniers estiment l'évolution du système d'information du décideur en comparant deux situations établies par ordre décroissant de connaissance de l'information. Ces derniers sont dits :

nuls si l'arrivée d'information est inexistante ou si le décideur est incapable d'utiliser son apprentissage,

totals lorsque le décideur passe d'une situation où aucune information n'est disponible à celle où elle est parfaite,

partiels lorsque seulement une partie des incertitudes sont résolues consécutivement à l'arrivée d'information.

Si la firme en place est en situation de monopole, choisir le secret comme mode de protection n'engendre aucun bénéfice informationnel supplémentaire. Dans ce cas, le

gain informationnel est nul.

Si la firme 2 s'engage dans la course, alors :

le gain informationnel de la firme 1 si le brevet est détenu par 2 est évalué à $\frac{\sigma^2}{16} - \frac{\sigma^2}{8}$. Cette perte informationnelle est la conséquence d'une privation

d'informations,

le gain informationnel de la firme 1 si l'amélioration est maintenue secrète est évalué à $\frac{\sigma^2}{9} - \frac{\sigma^2}{8}$. Cette perte peut résulter de l'impossibilité d'utiliser les informations

technologiques contenues dans la demande de brevet à des fins stratégiques.

Si la firme en place brevète l'amélioration, alors le gain informationnel de l'entrant évalué à $\frac{\sigma^2}{16}$ découle de la divulgation des informations technologiques. En revanche, si

l'amélioration est maintenue secrète, alors :

si l'amélioration est conservée secrète, le gain informationnel de l'entrant est estimé à $\frac{\sigma^2}{9}$. Il s'agit de la valeur des informations technologiques utilisées à des fins

stratégiques,

si l'entrant brevète l'amélioration, alors son gain informationnel résultant de ses activités de recherche interne est évalué à

$$\frac{\sigma^2}{8}$$

1.1.3.1.2 Secret sur l'innovation

Les profits sous-jacents à l'option secret proviennent des profits directs d'exploitation de l'innovation¹³¹ et/ou des profits indirects liés à l'utilisation des connaissances technologiques à des fins stratégiques. Toutefois, pour conserver son innovation secrète, la firme engage des dépenses en protection privée Z « [...] **pour empêcher la diffusion à l'extérieur de l'entreprise d'informations concernant la technologie mise en place**

(équipements et personnels de surveillance, sursalaires payés aux employés pour les dissuader de changer d'entreprise) » (Crampes [1986], p. 523).

Dans la mesure où la phase à la recherche est plus lourde que celle à l'amélioration, l'hypothèse selon laquelle l'entrant est incapable de rattraper son retard technologique est formulée.

Les quantités d'équilibre lorsque le brevet haut est déposé seront désignées par le paramètre h . Si, à la première période, la situation concurrentielle est duopolistique, les quantités d'équilibre pour tout $i = \{1,2\}$ sont alors :

$$q_i^{h*} = \frac{a+u-c+2\bar{s}}{2} \cdot (\text{resp.} \cdot q_{-i}^{h*} = \frac{a+u-c-2\bar{s}}{4} \text{ pour le leader}$$

(resp. suiveur) si le binôme innovation-amélioration est breveté par la firme i ,

$$q_m^* = \frac{a+u-c}{2} \text{ pour la firme en place et } q_2^* = 0 \text{ pour l'entrant si le binôme}$$

innovation-amélioration est conservé secret¹³².

S'il y a eu ε -préemption,¹³³ les quantités d'équilibre sont

$$q_M^{h*} = \frac{a+u-c+\bar{s}}{2} \cdot \text{et} \cdot q_2^* = 0$$

En maintenant son innovation secrète, la firme en place non seulement prive le suiveur de toutes divulgations de connaissances mais aussi augmente ses coûts de recherche puisqu'il est contraint de d'abord découvrir par ses propres moyens l'innovation puis de l'améliorer.

Les profits espérés d'équilibre sont résumés sous forme matricielle par le tableau 2.

¹³¹ Si cette dernière a trait à un procédé de fabrication, il est possible de bénéficier d'une réduction de coûts de fabrication pour un ou plusieurs produits sans que l'innovation soit facilement améliorée par la concurrence. En revanche, pour les innovations de produits, si ces dernières sont introduites sur le marché (resp. conservées secrètes), les profits seront vite réduits (resp. nuls) puisqu'elles seront facilement analysables et donc imitables (resp. ne seront pas exploitées).

¹³² Les profits obtenus par l'innovateur sont supposés être ceux de monopole.

¹³³ En réalité, deux cas de figure doivent être distingués : celui où l'entrant a rattrapé son retard technologique de celui où il n'y est pas arrivé. Si les firmes sont, d'un point de vue technologique, sur un pied d'égalité, alors elles percevront toutes deux des profits définis comme une fraction des profits de monopole avec \cdot . En contrepartie, la firme en place (resp. l'entrant) investit en vue d'une protection privée (resp. en R&D) un montant (resp. \cdot). Aussi, si le binôme innovation-amélioration est conservé secret, les fonctions de profits espérés escomptés sont données pour les deux firmes par et \cdot .

Firme 1	Brevet	Secret
Firme 2		
Brevet	_____	$E\Pi_2^{BP} = \frac{1}{8} \sigma^2 (a + \mu - c + 2s)^2$ $E\Pi_1^{BP} = \frac{1}{16} \left[\sigma^2 (a + \mu - c - 2s)^2 \right]$
Secret	$E\Pi_2^S = \frac{1}{8} \sigma^2 (a + \mu - c - 2s)^2$ $E\Pi_1^{MS} = \frac{1}{8} \sigma^2 (a + \mu - c - 2s)^2$	$E\Pi_2^S = \sigma^2$ $E\Pi_1^S = \frac{1}{4} \left[\sigma^2 (a + \mu - c)^2 \right]$
Absence d'entrée	$E\Pi_2^A = 0$ $E\Pi_1^{SA} = \frac{1}{2} \left[\sigma^2 (a + \mu - c)^2 \right]$	$E\Pi_2^A = 0$ $E\Pi_1^A = \frac{1}{4} \left[\sigma^2 (a + \mu - c)^2 \right]$

Tableau 2 : Profits espérés d'équilibre

Le bénéfice informationnel de la firme 1 (resp. 2) est évalué à :

$\frac{\sigma^2}{8}$ (resp. $\frac{\sigma^2}{16}$) si la firme 2 dépose un brevet haut,

$\frac{\sigma^2}{16}$ (resp. $\frac{\sigma^2}{8}$) si la firme 2 brevète l'innovation,

$$q_m^* = \frac{a + u - c}{2} \text{ (resp. 0) si le binôme innovation-amélioration est conservé secret.}$$

Les gains informationnels se déduisent de la comparaison des bénéfices informationnels. Si la firme en place décide de conserver le binôme innovation-amélioration secret, le gain informationnel de l'entrant est :

évalué à $\frac{\sigma^2}{8}$ si l'entrant brevète le binôme ; il s'agit de la valeur des informations

privées dues aux travaux de recherche interne,

nul si le binôme est conservé secret puisqu'il n'y a ni divulgation d'informations technologiques, ni rattrapage technologique.

Si la firme en place dépose le brevet haut, le gain information de l'agent 2 découlant de la divulgation des informations technologiques est évalué à

$$\frac{\sigma^2}{16}$$

En situation de monopole, conserver l'innovation secrète n'induit aucun gain informationnel. En revanche, si l'entrant s'est engagé dans la course, alors :

la perte informationnelle liée à la privation de l'information privée est estimée à

$$\frac{\sigma^2}{8} - \frac{\sigma^2}{16}$$

choisir de ne pas breveter la technologie confère à la firme en place un gain informationnel de

$$\frac{\sigma^2}{4} - \frac{\sigma^2}{8}$$

non divulgation des connaissances technologiques¹³⁴.

1.1.3.1.3 Brevet versus secret sur l'innovation

¹³⁴ Toutefois, la perte informationnelle de l'entrant est moins forte lorsque la firme en place brevète le binôme contenues dans la demande de brevet permet à l'innovateur d'acquérir un gain innovation-amélioration comparativement au cas où les firmes sont à égalité d'un point de vue technologique.

informationnel.

S'il y a compétition, conserver l'innovation de base secrète profite (resp. coûte) d'autant plus au gagnant de la course qu'à son concurrent. Ainsi, les profits espérés de l'entrant (resp. la firme en place) obtenus si l'innovation de base est conservée secrète excèdent (resp. n'excèdent pas) ceux obtenus si l'innovation de base est brevetée, c'est-à-dire $E\Pi_2^{h*} > E\Pi_2^*$ (resp. $E\Pi_1^{f*} > E\Pi_1^{h*}$). Cette supériorité (resp.

infériorité) émane de l'effet d'engagement conséquence de l'avantage technologique. En revanche, si la firme 1 remporte la course, alors les relations d'ordre sont inversées. Par conséquent, conserver l'innovation de base secrète, accroît (resp. diminue) les profits espérés du détenteur du brevet (resp. de son concurrent). Dans ce cadre, le bénéfice informationnel du concurrent reste inchangé étant donné qu'il ne peut pour innover bénéficier de la divulgation des informations technologiques contenues dans la demande de brevet. Le gain informationnel provient exclusivement de la recherche interne.

Si la firme 1 finit la course en solitaire, conserver l'innovation de base secrète permet à l'innovateur d'obtenir des profits de monopole supérieurs sur le binôme innovation-amélioration comparativement à ceux sur l'amélioration seule. En revanche, si ni le binôme innovation-amélioration, ni l'amélioration ne sont brevetés, conserver l'innovation de base secrète coûte à la firme en place Z.

1.1.3.2 Innovation non améliorabile

En brevetant une innovation non améliorabile, la firme peut avoir comme objectif la rentabilisation de son investissement en R&D et/ou la valorisation de son innovation en orientant les concurrents sur des programmes de recherche non rentables. Le schéma décisionnel (figure 3) de la course à l'innovation-amélioration est le suivant.

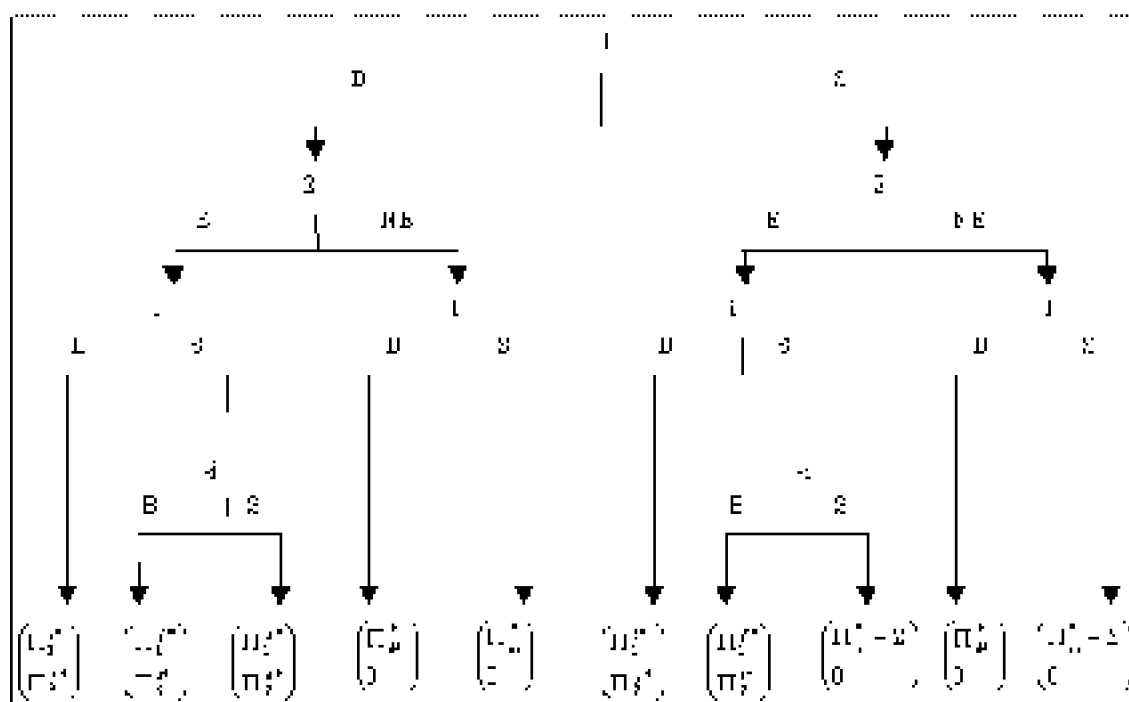


Figure 3 : Schéma décisionnel pour une innovation non améliorable

Quelle que soit la nature de l'innovation, lorsque le brevet bas sur l'innovation est déposé, les profits des acteurs sont donnés par le tableau 1. Il convient alors de déterminer les profits lorsque l'innovation est conservée secrète (section 1.1.1.2.1.), puis de comparer les deux situations (section 1.1.1.2.2.)

1.1.3.2.1 Secret sur l'innovation

Les profits obtenus sur le binôme innovation-amélioration sont équivalents à ceux procurés par un brevet bas sur l'amélioration seule. Les quantités d'équilibre, si la situation concurrentielle est duopolistique, sont pour tout $i = \{1,2\}$:

$$q_i^{P*} = \frac{a+u-c+2s}{2} \cdot \text{(resp. } q_{-i}^{F*} = \frac{a+u-c-2s}{4} \text{)} \quad \text{pour le leader}$$

(resp. suiveur) si la technologie de seconde génération est brevetée,

$$q_m^* = \frac{a+u-c}{2} \quad \text{(resp. nulle) pour la firme en place (resp. l'entrant) si la}$$

technologie est conservée secrète ; aussi, l'entrant investit un montant en R&D pour combler son retard technologique¹³⁵.

Si la firme en place finit la course en solitaire (ε -*préemption*), alors ses profits d'équilibre sont ceux de monopole sur la nouvelle technologie. Les quantités d'équilibre sont données par :

$$q_M^* = \frac{a+u-c+s}{2} \quad \text{si le binôme innovation-amélioration est breveté,}$$

s et \bar{s} si l'innovation seule est brevetée.

Les profits espérés d'équilibre sont résumés dans le tableau 3. Les bénéfices informationnels des deux agents sont ceux obtenus dans le cadre d'une innovation de base améliorable et conservée secrète. Seul l'effet engagement se trouve modifié.

1.1.3.2 Brevet versus secret sur l'innovation de base

Si le brevet sur l'amélioration est déposé, quelles que soient les décisions de première période des agents, leurs profits espérés sont identiques. Ainsi, ils ne bénéficient ni de gains informationnels, ni d'*effet d'engagement*. De plus, conserver l'innovation secrète supprime l'avantage, évalué en terme d'engagement, de l'innovateur.

¹³⁵ La quantité produite est nulle puisque par hypothèse l'entrant ne parvient pas à rattraper son retard technologique.

Firme 1	Brevet	Secret
Firme 2		
Brevet		$E\Pi_2^B = \frac{1}{3} \left[\sigma^3 + (\sigma - \mu - c - 2s)^3 \right] - \sigma$ $E\Pi_1^{B+} = \frac{1}{13} \left[\sigma^3 - (\sigma + \mu - c - 2s)^3 \right]$
Secret	$E\Pi_2^{S+} = \frac{1}{13} \left[\sigma^3 - (\sigma + \mu - c - 2s)^3 \right] - \sigma$ $E\Pi_1^S = \frac{1}{3} \left[\sigma^3 + (\sigma - \mu - c - 2s)^3 \right]$	$E\Pi_2^S = -\sigma$ $\Delta I_1^S = \frac{1}{2} \left[\sigma^3 + (\sigma - \mu - c)^3 \right] - \sigma$
Absence d'entrée	$\Delta I_2^0 = 0$ $E\Pi_2^0 = \frac{1}{3} \left[\sigma^3 + (\sigma - \mu - c - s)^3 \right]$	$\Delta I_2^0 = 0$ $\Delta I_1^0 = \frac{1}{2} \left[\sigma^3 + (\sigma - \mu - c)^3 \right] - \sigma$

Tableau 3 : Profits espérés d'équilibre

A partir des fonctions de profits espérés, il est alors possible d'en déduire la valeur stratégique c'est-à-dire la capacité d'une firme à dissuader l'entrée en utilisant :

- le brevet c'est-à-dire en préemptant son concurrent,

- le secret c'est-à-dire en réduisant son bénéfice informationnel.

La comparaison de ces valeurs stratégiques permet d'identifier des frontières de possibilités d'entrée.

1.2 Frontière des possibilités d'entrée et zones d'influence stratégique

L'étude de l'efficacité du système des brevets - liée à la comparaison des valeurs stratégiques des décisions flexible et irréversible – tient en la détermination de frontières de possibilités d'entrée. Ces dernières dépendent des effets *volatilité* fonction de la variance σ^2 de la taille du marché, *ratrapage technologique* liés aux coûts fixes F et *engagement* fonction des tailles relatives B (avec $B = a-c$) et espérées μ du marché, des degrés de sophistication des technologies s et \bar{s} .

Cette section se propose de déterminer, dans un cadre atemporel, les frontières de possibilité d'entrée afin d'en déduire les zones, d'une part, de dissuasion à l'entrée et, d'autre part, d'influence stratégique lorsque l'innovation améliorée est brevetée (section 1.2.1.), conservée secrète (section 1.2.2.) et lorsque l'innovation non améliorée est maintenue secrète (section 1.2.3.).

1.2.1 Innovation améliorée brevetée

Breveter l'innovation permettra à la firme en place de dissuader l'entrée si les profits du concurrents sont négatifs, c'est-à-dire

$$E\Pi_2^{f*} < E\Pi_2^*$$

déduire l'expression algébrique de la frontière des possibilités d'entrée.

Conserver l'amélioration secrète (S) est la meilleure réponse de l'entrant à la décision irréversible (B) de la firme en place ($BR_2(B) = S$) si

$$\sigma^2 \geq 16F - (B + \mu - 2s)^2$$

Cette frontière des possibilités d'entrée est d'autant plus élevée que les effets *volatilité* et *engagement* sont forts et *ratrapage technologique* faibles.

Conserver son innovation de seconde génération secrète dissuadera l'entrant de breveter la technologie si ses profits espérés sont négatifs ($E\Pi_2^{f*} < E\Pi_2^*$). La

frontière des possibilités d'entrée est telle que breveter l'amélioration est pour lui la meilleure réponse de seconde période au choix du secret (S) par la firme en place ($BR_2(B) = S$) si

$$\sigma^2 \geq 8F - (B + \mu + 2s)^2$$

ratrapage technologique excède l'effet *volatilité*, alors l'entrant a intérêt à breveter l'amélioration.

Conserver son innovation de seconde génération secrète incite le concurrent à maintenir son amélioration secrète si ses profits espérés sont négatifs c'est-à-dire si $E\Pi_2^{f*} < E\Pi_2^*$. La frontière des possibilités d'entrée est telle que conserver

l'amélioration secrète (S) est la meilleure réponse de l'entrant à la décision flexible (S) de la firme en place ($BR_2(S) = S$) si

$$\sigma^2 \geq 9F - (B + \mu)^2$$

possibilités d'entrée est telle que plus les effets *volatilité* et *engagement* sont élevés, l'effet

rattrapage technologique faible, plus l'entrant conserve secrète l'amélioration.

Proposition 1 : La frontière des possibilités d'entrée dépend positivement des effets *volatilité* et *engagement* et négativement de l'effet *rattrapage technologique*.

Les zones de dissuasion à l'entrée et d'influence stratégique des décisions pour la firme en place sont représentées pour les valeurs simulées des paramètres $F = 10$, $B = 3$, $s = 4$, et $s = -1$ par les figures 4 (resp. 5) lorsque le brevet bas sur l'amélioration est conservé secret (resp. breveté par l'entrant).

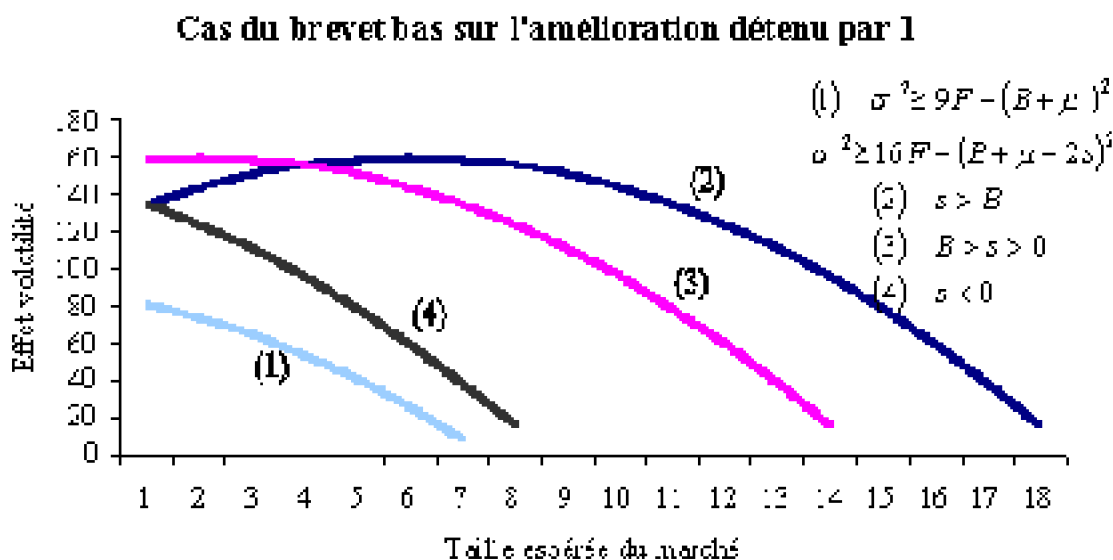


Figure 4 : Choix d'un mode de protection

Ces frontières de possibilité d'entrée permettent de dégager quatre zones de dissuasion à l'entrée. La première, qui est aussi la plus faible, correspond à la valeur stratégique de la flexibilité ; les trois autres à celle de l'irréversibilité. Trois résultats majeurs peuvent être mis en évidence :

- le brevet dissuade d'autant plus l'entrée que le degré de sophistication de la technologie est élevé,

- plus la technologie est sophistiquée, plus le degré d'efficacité du système des brevets est fort,

- les innovations radicales sont, lorsque la taille espérée du marché est faible, sous-estimées.

Dans la mesure où en brevetant une technologie l'innovateur prive ses concurrents d'opportunités potentielles, son incitation à déposer en premier un brevet est d'autant plus forte que la technologie est radicale¹³⁶. Ainsi, plus le degré de sophistication de la

¹³⁶ En effet, plus la technologie est radicale, plus le rattrapage technologique est difficile.

technologie est élevé, plus la valeur stratégique de l'irréversibilité est grande. De plus, quelle que soit la nature de l'innovation (radicale, moyenne ou inférieure), la valeur stratégique de l'irréversibilité contrebalance toujours celle de la flexibilité. Aussi, il existe des zones d'influence stratégique de l'irréversibilité caractérisant l'efficacité du système des brevets¹³⁷. Cette efficacité est d'autant plus forte que le degré de sophistication de la technologie est élevé.

Toutefois, lorsque la taille espérée du marché est faible et l'effet *volatilité* fort, l'entrée est autorisée pour les innovations radicales alors qu'elle est dissuadée pour celles moyennes. Cet inversement de tendance s'interprète comme la conjonction de deux éléments : le manque d'informations lors du dépôt de brevet et la considération d'événements aléatoires défavorables à la décision irréversible (principe des « *mauvaises nouvelles* » de Bernanke [1983]). L'innovateur relativement pessimiste sous-estime, dans un premier temps, le caractère radicale de son innovation puis, dans un second temps, corrige son appréciation suite aux travaux de recherche interne menés une fois l'innovation brevetée.

Si l'entrant est parvenu à dépasser la firme en place, les zones de dissuasion à l'entrée et d'influence stratégique sont données dans la figure 5.

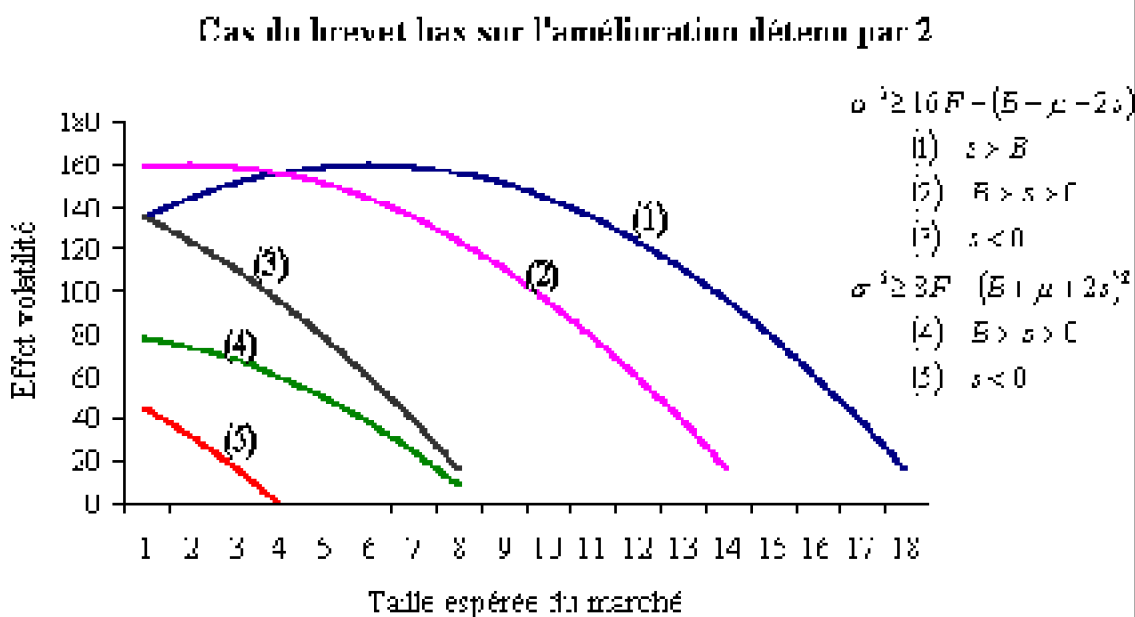


Figure 5 : : Choix d'un mode de protection

Les zones de dissuasion à l'entrée lorsque la firme en place conserve son amélioration secrète (resp. l'entrant brevète l'amélioration) sont d'autant plus fortes (resp. faibles) que le degré de sophistication de la technologie est élevé. En effet, pour les valeurs simulées des paramètres, lorsque la technologie est radicale, la zone de dissuasion à l'entrée est nulle. En outre, plus le degré de sophistication de la technologie

¹³⁷ L'expression de la zone d'influence stratégique de l'irréversibilité est donnée par . Elle se compose d'un effet *rattrapage technologique* et d'un *effet engagement* fonction croissante de la taille globale espérée du marché () et du degré de sophistication de la technologie pour tous .

est grand, plus la zone d'influence stratégique de l'irréversibilité est forte¹³⁸. L'objectif de l'innovateur est, dans ce cas, d'acquérir une technologie pour priver ses concurrents d'opportunités potentielles. Cette incitation à préempter le concurrent par les brevets est d'autant plus forte que la technologie est radicale.

1.2.2 Innovation améliorable conservée secrète

Si la firme en place brevète le binôme innovation-amélioration alors le concurrent sera dissuadé d'entrer tant que ses profits sont négatifs. La frontière des possibilités d'entrée se déduit de l'analyse.

Conserver l'amélioration secrète (S) est la meilleure réponse de l'entrant à la décision irréversible () de la firme en place ($BR_2(B)=S$) si $\sigma^2 \geq 16F - (B + \mu - 2\bar{s})^2$. Plus

les effets *volatilité* et *engagement* sont forts, l'effet *rattrapage technologique* faible, plus la frontière des possibilités d'entrée est élevée. En outre, l'effet *engagement*, lorsque l'innovation de base améliorable est brevetée, est supérieur à celui obtenu lorsque l'innovation de base améliorable est conservée secrète.

En revanche, si le binôme innovation-amélioration est conservé secret alors :

la meilleure réponse de l'entrant est de ne pas s'engager dans la course ($BR_2(S)=NE$) s'il n'est pas parvenu à combler son retard. Ainsi, en conservant les informations technologiques secrètes, la firme en place décourage l'entrant et finit la course en solitaire,

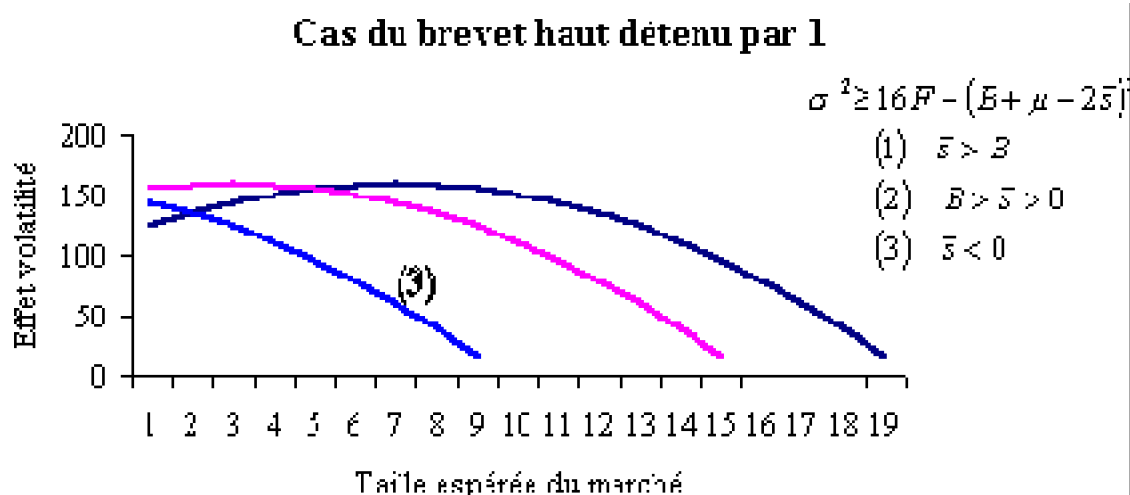
si l'entrant a rattrapé son retard, alors breveter le binôme innovation-amélioration est sa meilleure réponse ($BR_2(S)=B$) si :

$$\sigma^2 \geq 8F - (B + \mu + 2\bar{s})^2$$

Plus les effets *volatilité* et *engagement* sont forts, l'effet *rattrapage technologique* faible, plus la frontière des possibilités d'entrée est élevée. Dans ce cadre, l'effet *d'engagement* sous-jacent au brevet sur le binôme innovation-amélioration est supérieur à celui sur l'amélioration.

La proposition 1 demeure valide lorsque le binôme innovation-amélioration est breveté. Les nouvelles zones de dissuasion à l'entrée et d'influence stratégique de l'innovation sont, pour les valeurs simulées des paramètres $F=10$, $B=3$, $\bar{s} = 4,5$, $\bar{s} = 2,5$, et $\bar{s} = -0,5$, présentées dans les figures 6 et 7.

¹³⁸ La valeur d'influence stratégique de l'irréversibilité est une fonction croissante de l'effet *rattrapage technologique* et engagement



Plusieurs conclusions se déduisent de cette étude :

si le brevet haut n'est déposé par aucun des protagonistes, alors la firme en place termine la course en solitaire ; il y a alors ε -préemption,

étant donné que la valeur stratégique de la flexibilité est nulle, les zones d'influence stratégique de l'irréversibilité¹³⁹ se confondent avec celles de dissuasion à l'entrée. Il est alors possible d'en déduire que le système des brevets est d'autant plus efficace que le degré de sophistication de la technologie est élevé,

la sous-estimation des innovations radicales est telle que non seulement les innovations moyennes mais aussi celles inférieures dissuadent l'entrée alors que celles radicales l'autorisent.

Si l'entrant est parvenu à rattraper son retard technologie, les frontières des possibilités d'entrée sont représentées dans la figure 7.

¹³⁹ Ces dernières admettent pour expression . Elles se composent d'un *effet rattrapage technologique* () et d'un *effet engagement* . L'*effet engagement*, pour tout , est une fonction décroissante (resp. croissante) de la taille espérée globale du marché (resp. du degré de sophistication de la technologie).

Cas du brevet haut détenu par 2

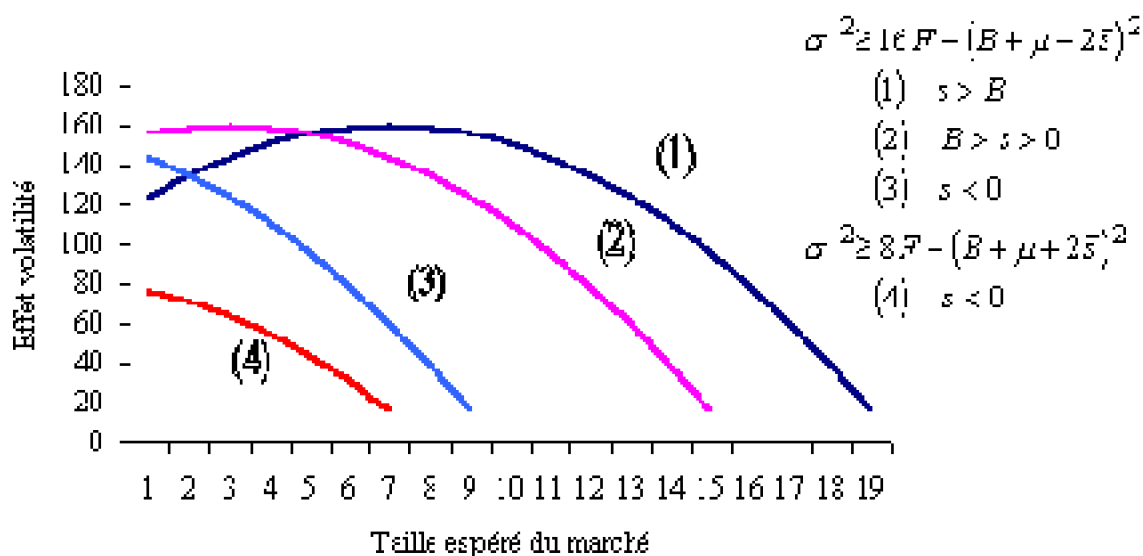


Figure 7 : Choix d'un mode de protection

Deux résultats se dégagent de l'analyse. Le système des brevets est plus efficace que celui de droit commun dans la mesure où, quelle que soit la nature de l'innovation, la valeur stratégique de l'irréversibilité excède celle de la flexibilité. Cette efficacité est d'autant plus forte que le degré de sophistication de la technologie est élevé¹⁴⁰. De plus, lorsque la taille du marché est faible, les innovations radicales sont sous-évaluées comparativement à celles moyennes et inférieures.

1.2.3 Innovation non améliorable maintenue secrète

Etant donné que les profits espérés obtenus pour une innovation de base brevetée non améliorable sont ceux obtenus dans le cadre d'une innovation de base brevetée améliorable, seule la détermination des frontières de possibilités d'entrée, lorsque l'innovation de base est conservée secrète, sera effectuée.

Ainsi, conserver l'amélioration secrète (S) est la meilleure réponse de l'entrant à la décision irréversible (B) de la firme en place ($BR_2(B)=S$) si $\sigma^2 \geq 16F - (B + \mu - 2s)^2$. Les frontières de possibilités d'entrée lorsque l'innovation non améliorable est conservée secrète coïncident avec celles obtenues lorsque l'innovation améliorable est brevetée.

En revanche, conserver son innovation secrète incite l'entrant :

A ne pas s'engager dans la course ($BR_2(S)=NE$) s'il n'est pas parvenu à combler son retard technologique,

¹⁴⁰ L'expression de l'influence stratégique de l'irréversibilité est . Elle se compose d'un effet *rattrapage technologique* () inférieur à celui obtenu si l'innovation-amélioration est brevetée par la firme en place et d'un *effet engagement* () fonction croissante du degré de sophistication de la technologie et de la taille globale espérée du marché.

A breveter l'innovation si la nature lui a été favorable ($BR_{\sigma}(S)=B$). La frontière des possibilités d'entrée admet alors pour expression $\sigma^2 \geq 8F - (B + \mu + 2s)^2$

La proposition 1 énoncée à la section précédente est ici encore valide. Si l'entrant a rattrapé son retard technologique, les nouvelles zones de dissuasion à l'entrée et d'influence stratégique de l'innovation sont résumées par la figure 5.

La figure 8 obtenue pour les valeurs simulées des paramètres $F=10$, $B=3$, $s=4$, $s=2$ et $s=-1$ met en lumière deux points :

l'efficacité du système des brevets est d'autant plus forte que le degré de sophistication de la technologie est élevé,

les innovateurs sous-évaluent les innovations radicales puisqu'il existe une zone où l'entrée est dissuadée pour les innovations moyennes alors qu'elle est autorisée pour celles radicales.

Ainsi, quelle que soit la nature de l'innovation de base et son mode de protection, la zone de dissuasion à l'entrée de l'irréversibilité (resp. la flexibilité) est d'autant plus forte (resp. faible) que le degré de sophistication de la technologie est grand. La proposition 2 synthétise ces résultats.

Cas du brevet haut détenu par 1

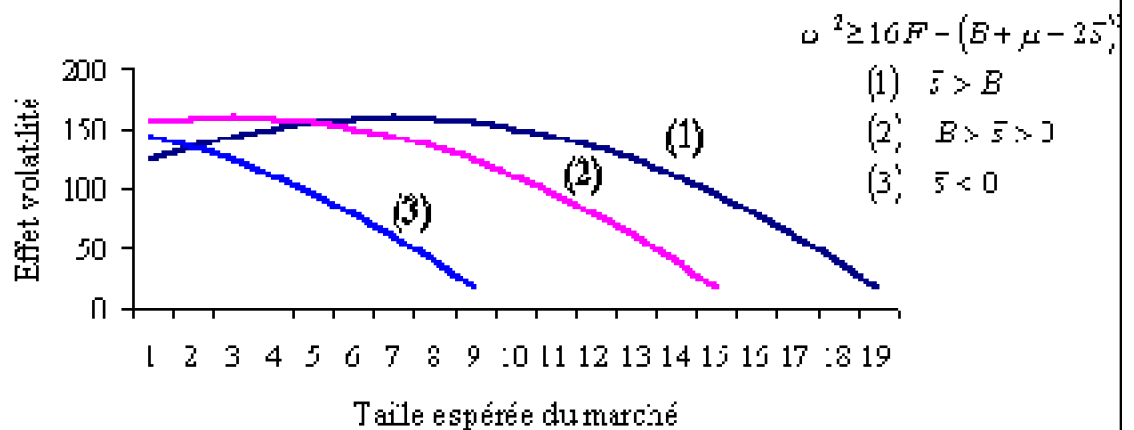


Figure 8 : Choix d'un mode de protection

Proposition 2 : Dans un cadre atemporel, le système des brevets est efficace puisqu'il existe toujours une zone d'influence stratégique de l'irréversibilité.

En conclusion, le choix d'une option a des conséquences en terme de gain informationnel dans la mesure où la firme peut en menant des activités de recherche interne bénéficier d'informations privées ou utiliser à des fins stratégiques la divulgation

des connaissances technologiques contenues dans la demande de brevet. De plus, sachant que, quelles que soient la nature de l'innovation et la décision de première période de la firme en place, la valeur stratégique de l'irréversibilité excède celle de la flexibilité. Aussi, le système des brevets semble plus efficace en matière de dissuasion à l'entrée comparativement à celui du secret. Les motivations à la préemption sont fortes. L'investissement en protection privée appartient, dans un cadre analytique statique, à la catégorie d'investissement où l'effet de report est fortement atténué. Toutefois, le délai existant entre la date où l'innovation est brevetée et celle où l'imitation est introduite n'est pas dans ce cas pris en compte. L'introduction de la notion de temps nécessite d'évaluer l'efficacité dynamique du système des brevets.

2. L'efficacité dynamique du système des brevets

Choisir un mode de protection nécessite de considérer l'étendue des choix courants mais aussi de ceux futurs. En effet, opter à la première période pour la décision flexible permet, soit à l'innovateur d'acquérir en brevetant le binôme innovation-amélioration des profits espérés de monopole plus grands à long terme, soit au concurrent engagé dans un même programme de recherche de le devancer. En revanche, choisir à la première période l'option irréversible, d'une part, accorde un monopole temporaire immédiat à l'innovateur et donc des profits courants et, d'autre part, favorise la divulgation des connaissances technologiques et donc *a fortiori* le rattrapage technologique du(es) concurrent(s). Aussi, dans un cadre dynamique, l'évaluation de l'efficacité du système des brevets nécessite de déterminer le mode de protection intertemporellement efficace, c'est-à-dire celui qui sera choisi à la première période. Dès lors il est possible d'en déduire les frontières des possibilités d'entrée et par conséquent l'efficacité du système de protection utilisé.

Cette section se propose de déterminer quel est du système des brevets et du secret celui qui est dynamiquement efficace. Pour cela, les modèles de course technologique seront transposés à la course au brevet. La comparaison des fonctions de profits espérés escomptés permet d'identifier les choix présents des agents ainsi que l'expression des frontières de dissuasion à l'entrée.

Après avoir présenté les hypothèses générales du modèle (section 2.1.), les fonctions de profits espérés escomptés seront déterminées (section 2.2.). L'efficacité dynamique du système des brevets sera ensuite évaluée (section 2.3.).

2.1 Les hypothèses du modèle

Dans une course au brevet deux firmes, un monopole en place et un entrant ($i = \{1,2\}$), supposées neutres au risque sont en compétition pour l'obtention d'un brevet le plus haut possible. L'environnement décisionnel des agents se présente comme suit.

A la première période, le problème de décision de la firme en place tient dans l'arbitrage intertemporel entre une décision flexible (le secret) lui offrant l'opportunité

d'acquérir une rente de monopole plus grande à long terme et une décision irréversible (le brevet) lui garantissant une rente immédiate plus faible mais pouvant être améliorée par la suite. L'entrant, quant à lui, arbitre entre un engagement immédiat (décision flexible) dans la course donnant lieu à un coût de rattrapage technologique mais offrant l'opportunité d'acquérir ultérieurement des profits s'il devance la firme en place¹⁴¹ et un non engagement (décision irréversible). Aussi, les ensembles de décisions de première période sont donnés par

$$\delta_1^1 \in \Delta_1^1 = \{B, S\} \text{ et } \phi_2^1 \in \Phi_2^1 = \{E, NE\}$$

A la seconde période et en fonction de la situation concurrentielle, les ensembles de décisions des firmes sont :

si la situation concurrentielle est duopolistique $\delta_i^2 \in \Delta_i^2 / E = \{B, S\}$,

si la situation concurrentielle reste monopolistique $\delta_i^2 \in \Delta_i^2 / E = \{B, S\}$ et

$$\delta_2^2 \in \Delta_2^2 / NE = \{\emptyset\}$$

L'environnement dans lequel évolue l'innovateur est incertain puisqu'au moment de prendre sa décision ce dernier ignore :

quels seront les bénéfices et les applications ultérieures à son innovation (*incertitude sur la demande*) ; cette dernière est telle que la variable aléatoire \tilde{u} affecte la fonction de demande inverse¹⁴².

quelle est la capacité de son(ses) concurrent(s) à le dépasser. Cette *incertitude concurrentielle*¹⁴³ est introduite au travers d'un aléa sur l'innovation fonction de l'information ou des connaissances accumulées. La date de l'innovation est telle que la probabilité qu'aucune des firmes n'ait découvert l'innovation à la date t est donnée par

$$\text{Proba}(\tau_i \leq t) = e^{-(\lambda_1 + \lambda_2)t} \text{ avec } \tau_i \text{ la date de réalisation de l'innovation et } \lambda(.) \text{ la}$$

¹⁴¹ fonction de hasard.

Dans ce cadre, l'entrant est contraint, non seulement, de découvrir l'innovation par ses propres moyens mais aussi de la breveter avant la firme en place.

2.2 Fonction de profits espérés escomptés

¹⁴² et \tilde{u} est une variable aléatoire continue de densité $f(u)$ pour moyenne et écart type et .

¹⁴³ L'incertitude concurrentielle regroupe l'incertitude technologique - i.e. celle relative à la date de l'innovation - et l'incertitude de marché - i.e. celle ayant trait à l'identité du vainqueur (Loury [1979], Lee-Wilde [1980]).

La détention d'une innovation confère à l'agent un rendement courant - profit instantané connu avec certitude Π_i^t - auquel s'ajoute l'option - liée à la possession, soit d'un brevet

bas sur l'amélioration, soit d'un brevet haut sur le binôme innovation-amélioration - évaluée à la valeur espérée des gains futurs pouvant être perçus $E(\tilde{V}_i^{t+1})$. En

supposant la date de désengagement infinie¹⁴⁴, la valeur actualisée à la date t , $V_i^t(\delta, \phi)$

, du brevet pour la firme i si à la première période le monopole en place a pris la décision δ et l'entrant ϕ admet pour expression :

$$V_i^t(\delta, \phi) = \Pi_i^t(\delta, \phi) + E(\tilde{V}_i^{t+1}(\delta, \phi))$$

Les fonctions de profits espérés escomptés, supposées séparables intertemporellement, dépendent du caractère améliorable (section 2.2.1.) ou non (section 2.2.2.) de l'innovation.

2.2.1 Innovation améliorable

Les profits de première période¹⁴⁵ de la firme en place sont, soit Π_m^* si l'innovation de

base est brevetée, soit $\Pi_m^* - Z$ si l'innovation de base est conservée secrète ; ceux de

l'entrant sont, soit nuls¹⁴⁶ s'il ne s'est pas engagé dans la course, soit négatifs (-F) en raison des coûts de rattrapage technologique. Les profits de seconde période dépendent de la situation concurrentielle et de la position de la firme dans la course.

Deux configurations seront alors distinguées. Les fonctions de profits espérés escomptés de la firme en place seront déterminées dans le cas où elle brevète la technologie de première génération (section 2.2.1.1.), puis dans celui où elle la conserve secrète (section 2.2.1.2.)

¹⁴⁴ Dès que les profits nets deviennent non positifs, la firme (resp. son concurrent) peut envisager de se désengager de la course. En désignant par la date de désengagement, l'expression de la valeur actualisée est donnée par sachant que les valeurs espérées terminales et sont nulles.

¹⁴⁵ Les connaissances et apprentissages acquis au cours du programme de recherche sont supposés non réutilisables. La non formulation de cette hypothèse aurait pour conséquence la pondération de la valeur des opportunités offertes par l'innovation (valeur d'option) par une probabilité de réutilisation de ces connaissances et apprentissages.

¹⁴⁶ Dans ce cadre, la course devient asymétrique puisqu'au cours de la phase d'amélioration de l'innovation, le monopole perçoit un flux de profit provenant de la détention du brevet alors que l'entrant ne dispose d'aucun gain.

2.2.1.1 Technologie de première génération brevetée

Si la situation concurrentielle est duopolistique, les profits de la firme en place (resp. l'entrant) sont Π_1^{f*} (resp. Π_2^{f*}) s'il gagne la course, Π_1^{i*} (resp. Π_2^{i*}) s'il y a

dépassement et Π_i^{d*} si le brevet bas sur l'amélioration n'est déposé par aucune des

firmes. La probabilité que la firme en place (resp. l'entrant) soit la première à innover est notée λ_1 (resp. λ_2). Aussi, en supposant le taux de préférence pour le présent unitaire, la fonction de profits espérés escomptés $V_1(B,E)$ de la firme en place admet pour expression :

$$V_1(B, E) = \Pi_m^* + \int_0^{+\infty} \left[e^{-(1+\lambda_1+\lambda_2)t} \right] \left[\Pi_1^{d*} + \lambda_1 \Pi_1^{f*} + \lambda_2 \Pi_1^{i*} \right] dt$$

$$V_1(B, E) = \Pi_m^* + \frac{\Pi_1^{d*} + \lambda_1 \Pi_1^{f*} + \lambda_2 \Pi_1^{i*}}{1 + \lambda_1 + \lambda_2}$$

Si la firme en place termine la course en solitaire, son profit espéré et escompté dépend de sa décision de seconde période *i.e.* breveter ou conserver secrète l'amélioration et de sa probabilité de découverte λ_1 .

La fonction de profits espérés escomptés, s'il y a ε -préemption¹⁴⁷, est alors :

$$V_1(B, NE) = \Pi_m^* + \frac{\lambda_1 \Pi_m^* + (1 - \lambda_1) \Pi_m^*}{1 + \lambda_1}$$

2.2.1.2 Technologie de première génération conservée secrète

En conservant son innovation secrète, la firme en place court le risque de voir un concurrent, engagé dans un même programme de recherche, la devancer. Toutefois, l'intérêt du concurrent à breveter l'innovation est faible puisqu'il est contraint, par le système des brevets, à partager avec la firme en place ses profits d'exploitation alors qu'il supporte seul les taxes de renouvellement. Aussi, si l'innovation de première génération n'est pas brevetée par la firme en place, elle ne le sera pas par l'entrant.

Si la situation concurrentielle est duopolistique, les firmes sont en concurrence pour l'obtention d'un brevet haut. Les profits de seconde période de la firme en place (resp. de

¹⁴⁷ Dans la mesure où l'entrant ne s'est pas engagé dans la course, sa probabilité de découverte est nulle.

l'entrant) sont évalués à $\Pi_1^{h^*}$ (resp. $\Pi_2^{h^*}$) si cette dernière brevète le binôme

innovation-amélioration et $\Pi_1^{h^{**}}$ (resp. $\Pi_2^{h^{**}}$) si l'entrant dépasse la firme en place.

Si l'amélioration est conservée secrète, la firme en place perçoit des profits d'exploitation définis comme une fraction α des profits de monopole avec $\alpha > 0$. Conserver l'innovation secrète donne un avantage en terme de profits par rapport à la situation monopolistique si $\alpha > 1$. Toutefois, si les firmes sont, d'un point de vue technologique, à égalité, alors la fraction α est telle que les profits d'exploitation des acteurs équivalent à ceux d'un duopole à la Cournot ($\alpha \Pi_i^{m^*} = \Pi_i^{d^*}$.i.e. $\alpha < 1$).

$$\alpha \Pi_i^{m^*} = \Pi_i^{d^*} \text{ .i.e. } \alpha < 1$$

L'entrant, quant à lui, obtient des profits d'exploitation, soit nuls s'il n'est pas parvenu à rattraper son retard technologique, soit ceux de Cournot. En contrepartie, la ou les firme(s) détentrice(s) de l'innovation investira(ont) en protection privée un montant Z . La fonction de profits espérés escomptés est donnée par :

$$V_1(S, E) = \Pi_m^* - Z + \frac{\alpha \Pi_m^* - Z + \lambda_1 \Pi_1^{h^*} + \lambda_2 \Pi_1^{h^{**}}}{1 + \lambda_1 + \lambda_2}$$

Si la situation monopolistique perdure, la firme en place obtiendra $\Pi_M^{h^*}$ si la nouvelle technologie est brevetée contre $\Pi_m^* - Z$ si les deux générations de technologie sont

conservées secrètes. Les fonctions de profits espérés escomptés, sont résumées pour les deux acteurs par le tableau 4¹⁴⁸.

¹⁴⁸ Il est possible en menant une analyse similaire de déterminer les profits de première et seconde périodes de l'entrant.

2	E	NE
1		
Secret	$V_1(z, S) = \Pi_1^* - z - \frac{a_1 \Pi_1^* - z - a_2 \Pi_2^* + a_3 \Pi_3^*}{a_1 + a_2}$ $V_2(z, E) = \begin{cases} \frac{a_1 \Pi_1^* - z + a_2 \Pi_2^* + a_3 \Pi_3^*}{1 + a_1 + a_2} & \text{si } a_1 > a_2 \\ \frac{a_2 \Pi_2^* + a_3 \Pi_3^*}{1 + a_1 + a_2} - F & \text{sinon} \end{cases}$	$V_1(z, NE) = \Pi_1^* - z + \frac{a_1 \Pi_1^* - (1 - a_1)(\Pi_1^* - z)}{1 + a_1}$ $V_2(z, NE) = 0$
Brevet	$V_1(\Pi, E) = \Pi_1^* + \frac{\Pi_1^* - a_1 \Pi_2^* - a_2 \Pi_3^*}{1 + a_1 + a_2}$ $V_2(z, S) = \frac{\Pi_1^* + a_1 \Pi_2^* + a_2 \Pi_3^*}{1 + a_1 + a_2} - F$	$V_1(z, BE) = \Pi_1^* + \frac{a_1 \Pi_1^* + (1 - a_1)(\Pi_1^* - z)}{1 + a_1}$ $V_2(z, BE) = 0$

Tableau 4 : Fonction de profits espérés escomptés

2.2.2. Innovation non améliorable

Les profits de Stackelberg obtenus sur le binôme innovation-amélioration sont ceux obtenus grâce au brevet bas sur l'amélioration. Le tableau 5 résume les valeurs des profits espérés escomptés pour les deux agents.

2	E	NE
1		
Secret	$V_1(z, S) = \Pi_1^* - z - \frac{a_1 \Pi_1^* - z + a_2 \Pi_2^*}{1 + a_1 + a_2}$ $V_2(z, E) = \begin{cases} \frac{a_1 \Pi_1^* - z + a_2 \Pi_2^* + a_3 \Pi_3^*}{1 + a_1 + a_2} - F & \text{si } a_1 > a_2 \\ \frac{a_2 \Pi_2^* + a_3 \Pi_3^*}{1 + a_1 + a_2} - F & \text{sinon} \end{cases}$	$V_1(z, NE) = \Pi_1^* - z + \frac{a_1 \Pi_1^* - (1 - a_1)(\Pi_1^* - z)}{1 + a_1}$ $V_2(z, NE) = 0$
Brevet	$V_1(z, S) = \Pi_1^* + \frac{\Pi_1^* + a_1 \Pi_2^* + a_2 \Pi_3^*}{1 + a_1 + a_2}$ $V_2(z, E) = \frac{\Pi_1^* + a_1 \Pi_2^* + a_2 \Pi_3^*}{1 + a_1 + a_2} - F$	$V_1(z, BE) = \Pi_1^* + \frac{a_1 \Pi_1^* + (1 - a_1)(\Pi_1^* - z)}{1 + a_1}$ $V_2(z, BE) = 0$

Tableau 5 : Fonction de profits escomptés

2.3. Le choix d'un mode de protection

Le problème de décision de la firme détentrice d'une innovation vise la détermination de la décision optimale de première période sachant que son information s'affine au cours du temps. Différer la date de dépôt (décision flexible) offre à l'innovateur l'opportunité d'acquérir de nouvelles informations lui permettant, soit de mettre au point, soit de perfectionner une innovation. La comparaison des fonctions de profits espérés permet d'identifier les choix présents privilégiés par le décideur. Pour qu'un système de protection soit plus efficace dans un cadre séquentiel, il faut que non seulement l'innovateur soit incité à la première période à l'utiliser mais aussi qu'il dissuade l'entrée. Aussi, la comparaison des profits espérés escomptés se fera dans un premier temps puis il devient nécessaire de déterminer les frontières de possibilités d'entrée.

Cette section se propose d'identifier le système de protection intertemporellement efficient afin d'en déduire l'expression des frontières de possibilités d'entrée. Le cas d'une innovation améliorable (section 2.3.1.) sera isolé de celui d'une innovation non améliorable (section 2.3.2.).

2.3.1 Innovation améliorable

Deux étapes seront distinguées. Tout d'abord l'efficacité intertemporelle du système du secret sera mise en lumière (section 2.3.1.1.) puis l'expression des frontières de possibilités d'entrée sera déterminée (section 2.3.1.2.).

2.3.1.1 La condition d'efficacité intertemporelle du secret

La comparaison des fonctions de profits espérés escomptés permet de mettre en lumière plusieurs configurations. Le choix systématique du secret sera réalisé si non seulement les profits de première mais aussi ceux de seconde période excèdent ceux obtenus lorsque l'option brevet est privilégié. Un raisonnement symétrique peut être mené dans le cas du brevet. Si la décision privilégiée à la première période diffère de celle favorisée à la seconde, alors le choix est moins évident. Dans la mesure où l'étude des deux premières configurations n'a que peu d'intérêt dans notre cadre, seule le troisième cas sera développé¹⁴⁹.

La condition pour que le système du secret soit choisi à la première période est que la valeur de l'opportunité d'investissement liée au maintien du secret excède le coût d'opportunité de l'investissement.

Si la situation concurrentielle est duopolistique, alors le secret est préféré au brevet si $V(S,E) > V(B,E)$ c'est-à-dire si la condition suivante est vérifiée :

$$\frac{\lambda_2 - \lambda_1}{\lambda_1(1 - \lambda_1) + \lambda_2(1 - \lambda_2)} > \frac{\lambda_1}{1 - \lambda_1 + \lambda_2} > \frac{\lambda_2 - \lambda_1}{4(1 - \lambda_1) + \lambda_2} \left(\frac{\lambda_1 + \lambda_2}{\lambda_1} \right) > \frac{\lambda_2 - \lambda_1}{4(1 - \lambda_1) + \lambda_2} \left(\frac{\lambda_1 + \lambda_2}{\lambda_2} \right)$$

¹⁴⁹ Ce raisonnement s'inspire de celui de Llerena [1985] qui est présenté dans l'Annexe 3.2.

La valeur de l'opportunité d'investissement s'évalue en terme de profits espérés escomptés pouvant être perçus en maintenant l'innovation secrète. Le coût d'opportunité représente la valeur minimale de l'investissement immédiat mesurée en fonction de l'effet *engagement* espéré escompté. Aussi, si les profits espérés escomptés nets des coûts de protection privée contrebalancent la valeur espérée de l'effet *engagement* alors l'innovateur choisit comme mode de protection le secret. Dans ce cadre, le système du secret est intertemporellement efficient.

Si la situation concurrentielle est monopolistique, le secret sera préféré au brevet si $V(S,NE) > V(B,NE)$ à savoir :

$$-Z - \frac{1}{4}(2B + 2\mu + s + \bar{s})(s - \bar{s}) > 0$$

Dans la mesure où cette inégalité n'est pas vérifiée, il y a *effet irréversibilité*. Les choix présents les moins flexibles sont alors favorisés. La proposition 4 se déduit de ces résultats.

Proposition 4 : La firme en situation de monopole a toujours intérêt à faire persister sa situation de monopole. En revanche, si l'entrant s'est engagé dans la course, alors, sous certaines conditions, le secret est intertemporellement efficient.

2.3.1.2 Frontières de possibilités d'entrée

Les frontières de possibilité d'entrée caractérisent :

la condition d'efficacité lorsque le secret est choisi, ,

la condition d' ε -préemption ou de préemption complète lorsque le brevet est choisi,.

Trois configurations seront distinguées.

1.

Si les deux firmes sont d'un point de vue technologique à égalité, la frontière des possibilités d'entrée est donnée par :

$$\frac{\alpha \Pi_m^* - Z + \lambda_1 \Pi_2^{h*} + \lambda_2 \Pi_2^{h*}}{1 + \lambda_1 + \lambda_2} - F > 0$$

à savoir

$$\frac{\sigma^2}{1\epsilon} (4\mu - \lambda_1 + 2\lambda_2) + \frac{1}{1\beta} (\mu(\beta - \mu)^2 + \lambda_1(\beta + \mu - 2\beta)^2 - 2\lambda_2(\beta + \mu - 2\beta)^2) + \lambda_1 + \lambda_2 + 2$$

$$\frac{\sigma^2}{16} (4\alpha + \lambda_1 + 2\lambda_2) \cdot \text{engagement} \cdot \frac{1}{16} (4\alpha (B + \mu)^2 + \lambda_1 (B + \mu - 2\bar{s})^2 + 2\lambda_2 (B + \mu + 2\bar{s})^2)$$

. et du coût de l'investissement futur (prix d'exercice) en deçà duquel l'engagement dans la course est non rentable ($F(1+2\lambda_1+2\lambda_2)$). Il s'en suit que l'entrée est dissuadée si les effets *volatilité* et *engagement* ne permettent pas de contrebalancer la somme des investissements en R&D et protection privée.

La condition d'efficacité du système du secret lorsque l'entrant est incapable de rattraper son retard technologique est donnée par :

$$\frac{\lambda_1 \Pi_2^{h^{f*}} + \lambda_2 \Pi_2^{h^{t*}}}{1 + \lambda_1 + \lambda_2} - F > 0$$

à savoir :

$$\frac{\sigma^2}{16} (\lambda_1 + 2\lambda_2) + \frac{1}{16} (\lambda_1 (B + \mu - 2\bar{s})^2 + 2\lambda_2 (B + \mu + 2\bar{s})^2) > F(1 + 2\lambda_1 + 2\lambda_2)$$

Le suiveur se maintient dans la course si les effets *volatilité* et

$$\frac{\sigma^2}{16} (\lambda_1 + 2\lambda_2)$$

engagement $\frac{1}{16} (\lambda_1 (B + \mu - 2\bar{s})^2 + 2\lambda_2 (B + \mu + 2\bar{s})^2)$ excèdent le coût de

l'investissement $F(1+2\lambda_1+2\lambda_2)$.

Proposition 5 : Le rattrapage technologique de l'entrant lui permet :

de renforcer l'effet *volatilité* (resp. *engagement*) de $\frac{\alpha \sigma^2}{4}$ en raison des travaux de

recherche interne (resp. $\frac{\alpha}{4} (B + \mu)^2$ consécutivement aux avantages induits par la

position de *first mover*),

de renforcer l'effet *engagement* consécutivement aux avantages

$$\frac{\alpha}{4} (B + \mu)^2$$

induits par la position de *first mover*,

d'augmenter le coût de l'investissement futur du montant des dépenses en protection privée Z.

La condition d' ε -préemption et/ou de préemption complète est donnée par $V(B,NE) > V(B,E)$, soit :

$$\sigma \left(\frac{1}{9} + \frac{\lambda_1}{10} - \frac{\lambda_2}{8} \right) + \left(\frac{1}{9}(B + \mu)^2 + \frac{\lambda_1}{10}(B + \mu - s)^2 + \frac{\lambda_2}{8}(B + \mu - 2s)^2 \right) > Z(1 - \alpha_1 - \alpha_2)$$

Si l'entrant a rattrapé son retard technologique, les *effets volatilité* et *engagement* sont renforcés si la condition

$$\alpha > \frac{4}{9}$$

est vérifiée. Si l'entrant n'a pu combler son handicap, l'*effet engagement* (resp. *volatilité*), si la décision irréversible a été choisie, excède (resp. diminue) celui de la décision flexible si :

$$\frac{1}{9}(B + \mu)^2 > \frac{s - \bar{s}}{4} (\lambda_1(B + \mu - s - \bar{s}) - 2\lambda_2(B + \mu + s - \bar{s}))$$

2.3.2 Innovation non améliorable

La décision de première période sera déterminée dans la section 2.3.2.1., les frontières de possibilités d'entrée le seront dans la section 2.3.2.1.

2.3.2.1 La condition d'efficience intertemporelle du secret

Des conclusions analogues peuvent être mises en évidence lorsque l'innovation est non améliorable. Plusieurs situations seront mises en évidence.

Si la situation concurrentielle est duopolistique, alors l'option secret est privilégiée par rapport à celle du brevet $V_1(S,E) > V_1(B,E)$:

$$\frac{(9\alpha - 4)\Pi_m^*}{9(1 + \lambda_1 + \lambda_2)} - Z \left(1 + \frac{1}{1 + \lambda_1 + \lambda_2} \right) > 0$$

La condition pour qu'intervienne le choix de la décision flexible est que la valeur escomptée espérée sous-jacente à cette décision soit positive. Cette inégalité dépend du différentiel de profits escomptés *i.e.* la différence de profits entre ceux de monopole et ceux de duopole et du signe de l'opportunité d'investissement.

$$(9\alpha - 4)\Pi_m^*$$

, alors les profits d'exploitation sont négatifs. Il s'en suit que l'effet irréversibilité

$$\alpha \leq \frac{4}{9}$$

favorise l'option brevet à la première période. En revanche, si

$$\alpha > \frac{4}{9}$$

d'exploitation deviennent positifs. Dans ce cadre, la décision flexible sera privilégiée à la première période lorsque les profits d'exploitation espérés escomptés couvrent les coûts espérés escomptés liés à la protection privée.

Si la firme termine la course en solitaire, les profits de seconde période des options flexible et irréversible sont identiques. La valeur de la flexibilité n'augmente pas consécutivement à l'anticipation d'une arrivée d'information. Ainsi, seuls les profits de première période interviennent dans l'arbitrage intertemporel. Dans la mesure où la décision irréversible apporte, à la première période, des profits plus élevés comparativement à ceux induits par le secret ($Z > 0$), l'effet irréversibilité favorise donc plus volontiers la décision irréversible. Dans ce cadre, le système des brevets est dynamiquement efficace.

Proposition 6 : L'effet irréversibilité favorise la décision irréversible quels que soient les profits de seconde période si la situation concurrentielle est monopolistique et lorsque la fraction α est inférieure à $\frac{4}{9}$ si la situation concurrentielle est duopolistique.

2.3.2.2 Frontières des possibilités d'entrée

Trois configurations seront successivement explicitées.

Si l'entrant est parvenu à rattraper son retard technologique, le secret dissuade l'entrée lorsque :

$$\sigma^2 \left(\frac{\alpha}{4} + \frac{\lambda_1}{16} + \frac{\lambda_2}{8} \right) - \left[\frac{\alpha}{4} (B + \mu)^2 + \frac{\lambda_1}{16} (B + \mu - 2s)^2 + \frac{\lambda_2}{8} (B + \mu + 2s)^2 \right] > F(1 + 2\lambda_1 + 2\lambda_2) + Z$$

Cette frontière des possibilités d'entrée dépend de la coexistence des effets *volatilité*

$$\sigma^2 \left(\frac{\alpha}{4} + \frac{\lambda_1}{16} + \frac{\lambda_2}{8} \right) \cdot \text{engagement} \cdot \frac{\alpha}{4} (B + \mu)^2 + \frac{\lambda_1}{16} (B + \mu - 2s)^2 + \frac{\lambda_2}{8} (B + \mu + 2s)^2$$

et du coût de l'investissement $F(1 + 2\lambda_1 + 2\lambda_2) + Z$ fonction non seulement des dépenses en R&D mais aussi de celles en protection privée.

Si l'entrant n'a pas réussi à combler son retard technologique, la frontière des possibilités d'entrée admet comme expression :

$$\sigma^2 \left(\frac{\lambda_1}{15} + \frac{\lambda_2}{8} \right) - \frac{\lambda_1}{16} (B - \mu - 2s)^2 + \frac{\lambda_2}{8} (B + \mu + 2s)^2 > F(1 + 2\lambda_1 + 2\lambda_2)$$

Dans la mesure où les travaux de recherche de l'entrant ne sont pas aboutis, le nouvel effet *volatilité*, caractérisant le bénéfice informationnel lié

$$\sigma^2 \left(\frac{\lambda_1}{16} + \frac{\lambda_2}{8} \right)$$

aux travaux de recherche interne, est inférieur à celui acquis lorsque l'entrant est parvenu à rattraper son retard technologique. Cette différence, évaluée à $\frac{\alpha \sigma^2}{4}$, peut

s'interpréter comme le stock de connaissances devant être accumulées afin d'innover. Dans ce cadre, l'effet *d'engagement* diminue de

$$\frac{\alpha}{4} (B + \mu)^2$$

étant donné que l'entrant n'a pu rattraper son retard. En revanche, le coût de l'investissement est plus élevé en raison des coûts de protection privée subis lorsque le rattrapage technologique est couronné de succès.

La condition d' ε -préemption et de préemption complète admet pour expression :

$$\sigma^2 \left(\frac{4}{9} + \frac{\lambda_1}{15} + \frac{\lambda_2}{8} \right) + \frac{4}{9} (B + \mu)^2 + \frac{\lambda_1}{16} (B - \mu - 2s)^2 + \frac{\lambda_2}{8} (B + \mu + 2s)^2 > F(1 - 2\lambda_1 - 2\lambda_2)$$

Cette dernière se caractérise par les *effets volatilité*

$$\sigma^2 \left(\frac{4}{9} + \frac{\lambda_1}{16} + \frac{\lambda_2}{8} \right),$$

et par *engagement* $\frac{4}{9} (B + \mu)^2 + \frac{\lambda_1}{16} (B - \mu - 2s)^2 + \frac{\lambda_2}{8} (B + \mu + 2s)^2$

un coût de l'investissement $F(1 + 2\lambda_1 + 2\lambda_2)$. Le supplément de bénéfice informationnel lié à la divulgation des connaissances technologiques est estimé à

$$\left(\frac{16 - 9\alpha}{36} \right) \sigma^2$$

Il s'en suit que l'effet *volatilité*, lorsque la décision irréversible est choisie à la première période, excède celui obtenu lorsque la firme en place opte pour la décision flexible. Ainsi, l'effet *volatilité* est d'autant plus élevé que l'entrant mène des activités de recherche interne et de la divulgation des connaissances technologiques. De plus, ces dernières accroissent l'effet *engagement* d'une part et, d'autre part, laisse inchangé le coût de l'investissement. Plus les investissements en vue d'une propriété privée sont grands, plus le coût de

l'investissement est important.

Proposition 7 : Plus les effets *volatilité* et *engagement* sont élevés, le coût de l'investissement faible, plus la zone de dissuasion à l'entrée et donc *in fine* l'efficacité du système des brevets est élevée.

En résumé, l'anticipation d'une arrivée d'information modifie le comportement de l'innovateur dans la mesure où ce dernier est parfois incité à choisir à la première période une décision plus flexible. Le système des brevets est dit dynamiquement plus efficace que celui du secret, si les profits espérés escomptés obtenus lorsque l'innovation est brevetée excèdent ceux perçus lorsque l'innovation est conservée secrète. Aussi, la comparaison des fonctions de profits permettent de mettre en évidence :

l'efficacité du système des brevets lorsque l'innovateur termine sa course en solitaire,

l'existence de valeurs seuil, lorsque la situation concurrentielle est duopolistique, au delà desquelles le système le plus efficace est celui du secret ; dans ce cadre, l'incitation de la firme en place à décourager son(ses) concurrent(s) est forte.

Conclusion

Le choix d'un mode de protection s'apparente à un arbitrage intertemporel. Deux options se présentent à l'innovateur : la décision flexible (le secret) lui conférant une rente de monopole plus grande à long terme et une décision irréversible (le brevet) lui permettant d'acquérir une rente immédiate plus faible mais pouvant être améliorée par la suite. La valeur stratégique de la flexibilité (resp. irréversibilité) tient dans la réduction du bénéfice informationnel du concurrent (resp. l'affectation de leurs choix). Dans ce cadre, le décideur optera pour le mode de protection industrielle lui donnant les profits les plus grands. L'efficacité des systèmes de protection industrielle se déduit de cet arbitrage. Dans un cadre atemporel, un système de protection sera dit plus efficace qu'un autre si la valeur stratégique de l'irréversibilité contrebalance toujours celle de la flexibilité. En revanche, un système de protection sera dit dynamiquement efficace si, non seulement, il est intertemporellement efficace mais aussi dissuade l'entrée.

La comparaison de ces deux systèmes met en évidence une efficacité statique du système des brevets dans la mesure où la valeur stratégique de la flexibilité ne peut contrebalancer celle de l'irréversibilité. Les stratégies de préemption par les brevets sont donc fortement motivées. Ce comportement serait la conséquence du système des brevets qui incite les agents à protéger leurs innovations avant qu'un concurrent ne les précède (Pakes [1986]). Toutefois, cette efficacité est fortement affaiblie puisque la considération d'opportunités d'informations à venir incite parfois l'innovateur à choisir à la première période la décision flexible. La sous utilisation du mode de protection de droit d'exception résulterait de l'essence du système des brevets lui-même.

Conclusion générale

L'enquête « Appropriation technologique » réalisée par le SESSI, l'INSEE et le Ministère de la recherche en 1993 montre que seule une fraction des innovations est brevetée. Il existe donc un décalage entre le nombre de firmes innovantes et le nombre de firmes déposantes.

Justifier la faible propension des firmes à utiliser le système des brevets comme mode de protection était l'objet de notre thèse. L'idée défendue est que le système des brevets ne fournit pas les motivations suffisantes à sa propre utilisation. Aussi, le secret est parfois plus efficace que le brevet.

Le choix d'un mode de protection constitue l'étape intermédiaire du cycle de vie du brevet. Le décideur arbitre entre :

le dépôt de brevet immédiat induit par le système des brevets lui-même qui accorde au premier déposant le titre ; dans ce cas, le brevet offre à l'innovateur l'opportunité de rentabiliser son innovation et d'exclure un tiers de son exploitation,

le report de la date de dépôt afin de breveter ultérieurement une technologie plus difficilement imitable et/ou dépassable ; le secret pare les inconvénients du brevet puisqu'il protège l'innovation des imitations et permet à la firme de bénéficier d'une avance technologique suffisante.

Le problème de décision de l'innovateur n'est plus de savoir s'il faut investir en protection industrielle mais de déterminer la date à partir de laquelle cet investissement doit être entrepris à savoir la date de dépôt. Cette dernière se déduit traditionnellement des modèles de renouvellement des brevets qui évaluent les droits conférés par le titre à partir du comportement économique de l'innovateur. Toutefois, ces modèles ne permettent de rendre compte ni des opportunités de croissance (étendue des revendications), ni de celles d'exploitation (licences de brevet ou cession des droits), ni de celles stratégiques (exclusion d'un tiers de l'exploitation). La considération de ces opportunités est toutefois fondamentale puisqu'une rentabilité immédiate peut être contrebalancée par une rentabilité différée. Dans ce cas, l'investissement induit un coût d'opportunité. Il devenait alors nécessaire de définir un nouveau cadre analytique permettant de prendre en compte la valeur de ces opportunités.

Le chapitre liminaire se propose d'étendre la théorie des options réelles aux décisions d'investissement en R&D, en protection privée et industrielle puisque ces investissements sont irréversibles, soumis à une incertitude quant aux rendements futurs et peuvent être maintenus en vigueur d'une année sur l'autre. La séquence de décisions est telle que :

à la première étape, l'innovateur choisit le montant à investir en R&D. Etant donné que la R&D est un processus cumulatif d'acquisition de compétences, de savoir-faire, les connaissances et apprentissages acquis lors d'un programme de recherche peuvent être utilisés dans d'autres programmes de recherche. L'investissement en R&D confère à l'innovateur une option de croissance,

à la seconde étape, il opte pour un mode de protection. Le choix du secret consiste dans le maintien en vigueur d'une option d'exécution différée ; le dépôt de brevet est alors conçu comme la date d'exercice de cette option.

à la troisième étape, l'innovateur détient une option d'abandon qui sera exercée dès que les taxes de renouvellement ne seront plus acquittées.

Toutefois, cette analogie avec les options réelles est, dans le cas de l'option d'exécution différée, imparfaite. En effet, la menace concurrentielle incite les firmes à protéger rapidement leur(s) innovation(s) c'est à dire à préempter par les brevets les concurrents. Aussi, l'investissement en propriété privée appartient à la catégorie d'investissement où l'effet de report est fortement affaibli.

La définition de ce cadre analytique permet non seulement de mieux comprendre le comportement des firmes face à la propriété industrielle mais aussi de souligner les spécificités du problème de décision concernant le choix d'un mode de protection. Ce dernier dépend de l'efficacité de chaque système de droit, qu'il soit commun (secret) ou d'exception (brevet). Un système de protection est dit efficace si les innovateurs sont incités à l'utiliser. Or, s'il est aisé de connaître le nombre d'entreprises déposantes, l'évaluation du nombre de firmes innovantes est plus complexe. Aussi, l'efficacité des systèmes de protection industrielle a été mise en évidence en isolant les modifications de

comportement des innovateurs à savoir si la date de dépôt est avancée ou retarder. Ces analyses de statique comparative ont été menées dans deux situations :

lorsque les objectifs de rentabilisation des fonds investis en R&D sont pris en compte (chapitre premier),

lorsque la défense des droits de propriété industrielle est considérée (chapitre second).

Le chapitre premier se proposait de déterminer l'influence de la rentabilisation des fonds investis sur les décisions de renouvellement c'est-à-dire la date de dépôt et la durée de vie. Le cadre de référence était celui développé par Langinier [1997] ; ce dernier ne tenait compte que des profits directs d'exploitation. L'analyse de statique comparative met en lumière une incitation des décideurs à breveter leur(s) innovation(s) le plus tôt possible et pour une durée plus longue.

Le chapitre second avait pour objet d'introduire dans le calcul économique de l'innovateur les opportunités de défense des droits de propriété industrielle. Les analyses de statique comparative avaient pour but de déterminer l'impact sur les décisions de renouvellement des frais de détection de contrefaçon et de justice, de la longueur des procédures judiciaires et les difficultés à gagner un procès. Dans ce cadre, les innovateurs sont incités à retarder la date de dépôt et à raccourcir la durée de protection.

Le choix d'un mode de protection diffère selon la finalité retenue du brevet. Si la rentabilisation des fonds investis conduit les décideurs à breveter leur(s) innovation(s) le plus tôt possible, la défense de leurs droits les incitent à reporter la date de dépôt. Le choix du secret lorsque lutte anti-contrefaçon il y a, peut se justifier de deux façons :

L'incapacité du système des brevets à dissuader l'entrée,

Le différé des résultats de l'action en contrefaçon.

Aussi, la question de l'efficacité du système des brevets mesurée en terme de dissuasion à l'entrée a ensuite été posée. Un système de protection est dit plus efficace qu'un autre s'il permet de dissuader l'entrée alors que ce dernier l'autorise. Cette efficacité dépend de nombreux paramètres tels que le secteur d'appartenance, le nombre d'acteurs engagés dans la course, la nature de l'innovation.

Le chapitre troisième se proposait d'évaluer l'efficacité du système des brevets dans un cadre atemporel (statique) et dans un cadre dynamique c'est-à-dire en prenant en compte la croissance de l'information et l'interdépendance des décisions. La détermination des frontières de possibilités d'entrée met en lumière les zones où le secret autorise l'entrée alors que le brevet la dissuade. Il ressort de cette étude que l'efficacité statique du système des brevets est incontestable. En revanche, le secret semble dynamiquement efficace.

Deux extensions possibles à cette analyse mériteraient d'être explorées. Il s'agit :

D'évaluer la façon dont les agents modifient leur comportement dès lors qu'ils détiennent un bien à fort contenu informationnel,

De justifier l'efficacité du système des brevets dans quelques industries.

Tout d'abord, selon 38% des firmes le brevet divulgue trop d'informations technologiques. Or très peu utilisent les sources d'informations provenant des instituts de propriété industrielle. Pour quelles raisons la divulgation des informations technologiques est-elle tant crainte des innovateurs ? L'hypothèse avancée est que les agents lorsqu'ils détiennent un bien à fort contenu informationnel se comportent différemment par rapport au cas où ils ont en leur possession un bien physique. L'économie expérimentale peut se révéler pertinente pour démontrer cela. Deux expérimentations pourraient être menées. La première aurait pour objectif d'isoler le choix d'un décideur contraint d'investir en capacité, la seconde viserait à évaluer les modifications de comportement des agents si l'investissement ne porte plus sur un bien mais sur de l'information.

La seconde extension aurait pour objectif de justifier pourquoi les brevets sont considérés comme un instrument de protection efficace dans l'industrie pharmaceutique et pour certaines branches de l'industrie des machines et de l'électrotechnique alors qu'il est considéré comme le moyen le moins efficace de protection dans tous les autres secteurs. L'hypothèse avancée est que l'efficacité du brevet résulterait des opportunités de réutilisation des innovations dans des domaines différents. Par exemple, l'aspirine, qui est essentiellement utilisée en tant qu'analgésique et qu'antipyrétique, possède d'autres propriétés curatives telles que celles concernant les problèmes cardiaques. Or ces propriétés ont été récemment découvertes alors que l'aspirine est utilisée depuis longtemps. Ainsi, les expérimentations ultérieures peuvent accroître l'ensemble des applications de l'innovation en raison notamment des avancées scientifiques. Dans ce cas, le dépôt de brevet répondrait au principe de précaution. Cette dernière naît du décalage temporel entre la nécessité de l'action immédiate et le moment où les connaissances scientifiques se modifient (Treich [1997]). Ainsi, une analyse expérimentale pourrait infirmer ou confirmer cette hypothèse.

Annexes

ANNEXE 1 : La théorie de la valeur d'option

La théorie de la valeur d'option procure, d'une part, un outil analytique capable de comprendre l'interaction existant entre un investissement immédiat et les décisions d'investissements futurs et, d'autre part, autorise l'appréhension des problèmes d'investissement irréversible en environnement incertain.

Annexe 1.1. : Les traditions de la théorie de la valeur d'option

Deux traditions composent son corpus théorique :

La théorie de la préférence pour la flexibilité, dans la lignée des travaux de Henry [1974a et b] et Arrow-Fisher [1974], qui s'appuie sur le concept de quasi valeur d'option¹⁵¹ à savoir le gain maximum auquel le décideur est prêt à renoncer en première

¹⁵¹ La notion de quasi valeur d'option s'oppose à celle de valeur d'option initialisée par Weisbrod [1964]. Cette dernière est pensée comme « *le prix maximal qu'un agent est prêt à payer pour maintenir une option pour la période à venir* » (Cohendet-Llerena [1989], p. 40).

période pour ne pas prendre à tort la décision irréversible.

L'approche optionnelle financière, initialisée par Black-Scholes [1973] et Merton [1973], qui a pour objet l'évaluation des valeurs financières (options) lorsque l'incertitude joue un rôle fondamental.

Cet antagonisme conceptuel n'est cependant pas aussi fort puisque des études (Lund [1991], Pindyck [1991], Dixit-Pindyck [1994]) ont montré qu'il était possible de concevoir, par analogie, l'approche non financière dans le cadre analytique de la théorie optionnelle financière.

Annexe 1.1.1. : La théorie de la préférence pour la flexibilité

Cette théorie a été initialement développée pour les problèmes d'environnement (Weisbrod [1964], Henry [1974a et b]), de décision d'investissement (Pindyck [1988]) et de structure de marché [Llerena-Zuscovitch [1987], Dixit-Pindyck [1994]).

Le modèle analytique considère deux périodes ($t=\{1,2\}$) dans lequel un décideur supposé neutre au risque investit à la période t un montant non cumulatif d_t . Si l'investissement n'est entrepris à aucune des périodes, la stratégie d'investissement est donnée par $(d_1, d_2)=(0,0)$. En revanche, si l'investissement est réalisé à la seconde (resp. première) période, la stratégie d'investissement est notée $(d_1, d_2)=(0,1)$ (resp. $(d_1, d_2)=(1,0)$). Le bénéfice net B_t par période dépend de d_1 (resp. d_1, d_2 et d'une variable aléatoire θ) à la première période (resp. à la seconde période). L'expression de la valeur espérée escomptée du bénéfice total net, si l'information est nulle, est :

$$V^*(d_1) = B_1(d_1) + \text{Max}_{d_2 \in [0, 1-d_1]} E\{B_2(d_1, d_2, \theta)\}$$

En revanche, si l'information est parfaite (θ connu), la valeur espérée escomptée du bénéfice total net si la décision d_2 est choisie devient :

$$\tilde{V}(d_1) = B_1(d_1) + E\left\{ \text{Max}_{d_2 \in [0, 1-d_1]} B_2(d_1, d_2, \theta) \right\}$$

La valeur d'option, qui mesure du regret d'avoir choisi à tort la décision la moins flexible, se définit comme la différence entre

$$\tilde{V}(d_1) \text{ et } V^*(d_1)$$

L'existence d'une valeur d'option positive, résultant de l'interaction entre l'accroissement d'information et l'irréversibilité séquentielle, légitime l'effet *irréversibilité*. Plusieurs travaux se sont intéressés aux conditions d'existence de cet effet. Deux conclusions principales sont dégagées :

si l'irréversibilité est absolue, l'effet irréversibilité existe toujours,

s'il existe des degrés intermédiaires d'irréversibilité, il peut s'inverser (Llerena [1985], Willinger [1989]).

Les prolongements de l'analyse traditionnelle de la valeur d'option (ou quasi valeur d'option) portent sur la levée des hypothèses :

d'irréversibilité endogène pure et totale (Baldwin [1982], Baldwin-Meyer [1979]),

d'information croissante (Freixas-Laffont [1979]),

d'incertitude exogène (Llerena [1987]),

des coûts de transaction (Jones-Ostroy [1984]).

Le modèle d'évaluation des options repose sur le principe d'arbitrage et sur la possibilité de dupliquer une option en combinant des actions et des opérations au taux d'intérêt sans risque. Le cadre d'analyse s'expose en ces termes. Le prix de l'actif considéré à la période t noté S_t suit un mouvement brownien géométrique défini par la relation suivante lorsque μ et σ^2 sont respectivement les espérance et variance

$$\frac{dS_t}{S_t} = \mu dt + \sigma dZ_t$$

instantanées, Z_t un processus standard de Wiener. Le prix de seconde période de l'actif noté S_2 et d'expression

$$S_2 = S_1 e^{\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} + \sigma Z\right)}$$

décideur consiste à déterminer la valeur S_1 de l'actif à la première période lorsque les rendements futurs sont aléatoires. Cette approche a été généralisée aux projets d'investissements réels. Toutefois, cette approche souffre de deux inconvénients majeurs :

la non considération d'une information croissante (Cohendet-Llerena [1989]),

la possibilité d'une accumulation d'information décroissante lorsque la quantité d'information est décrite par un mouvement brownien (Guignard [1994]).

ANNEXE 1.2. : Les processus stochastiques et lemme de ito

Annexe 1.2.1. : Processus de Wiener

Le processus de Wiener, processus stochastique en temps continu, est un processus :

Markovien c'est-à-dire que la distribution de probabilités ne dépend que de l'information courante et non de celle passée ¹⁵²,

dont les accroissements sont indépendants entre deux instants et ,

dont les changements sont supposés normalement distribués.

Formellement, si $z(t)$ est un processus de Wiener, les changements de $z \cdot (\Delta z)$ pour

tout intervalle de temps Δt , doivent satisfaire les conditions suivantes :

la relation entre Δz et Δt est telle que

$$\Delta z = \varepsilon_t \Delta t \text{ où } \varepsilon_t \rightarrow N(0,1)$$

$$E(\varepsilon_t, \varepsilon_s) = 0 \text{ pour tout } t \neq s$$

Les accroissements du processus de Wiener sont tels que, pour tout Δt ,

$$dz = \varepsilon_t \sqrt{dt} \text{ avec } E(dz) = 0 \text{ et } V(dz) = E[(dz)^2] = dt$$

Annexe 1.2.2. : Mouvements Browniens

Mouvement brownien avec trend : Soit x une variable aléatoire suivant un mouvement continu brownien admettant pour expression :

$$dx = \alpha dt + \sigma dz$$

¹⁵² Le processus de Wiener est un processus de Markov. Lorsque α désigne la moyenne instantanée, σ l'écart type et dz l'accroissement du processus de Wiener, représentée par une matrice de probabilités de transition déterminant la probabilité que le système passe des états à dans un intervalle de temps donné. Par conséquent, l'ensemble des états de la nature est partitionné en deux groupes : ceux transitoires dont la probabilité de retour tend vers zéro et ceux récurrents dont la probabilité de retour tend vers l'unité lorsque le temps tend vers l'infini.

¹⁵³ Les variables aléatoires ne sont donc pas corrélées.

$$dx = a(x, t)dt + b(x, t)dz$$

lorsque dz désigne l'accroissement du processus de Wiener, a(x,t) et b(x,t) des fonctions connues non aléatoires. L'espérance mathématique de ce mouvement brownien est :

$$E(dx) = a(x, t)dt$$

puisque $E(dz) = 0$. A partir du taux moyen instantané espéré a(x,t) et du taux de volatilité instantané $b^2(x,t)$, il est possible de définir la variance du mouvement brownien $V(dx) = b^2(x,t)dt$.

Annexe 1.2.3. : Lemme de Ito

Soit $F=F(x_1, x_2, \dots, x_n, t)$ une fonction dépendant du temps t et de n processus ITO x_1, \dots, x_n pour lesquels la marche aléatoire¹⁵⁴ est telle que :

$$dx_i = a_i(x_1, \dots, x_n, t)dt + b_i(x_1, \dots, x_n, t)dz_i \quad \forall i = 1 \dots n$$

$$E(dz_i ; dz_j) = \rho_{ij}dt$$

En utilisant le Lemme Itô, il est possible d'en déduire la différentielle totale :

$$dF = \frac{\partial F}{\partial t} dt + \sum_i \frac{\partial F}{\partial x_i} dx_i + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \frac{\partial^2 F}{\partial x_i \partial x_j} dx_i dx_j$$

Il s'en suit que :

$$dx = \left[\frac{\partial F}{\partial t} + \sum_i a_i(x_1, \dots, x_n, t) \frac{\partial F}{\partial x_i} + \frac{1}{2} \sum_i b_i^2(x_1, \dots, x_n, t) \frac{\partial^2 F}{\partial x_i^2} + \frac{1}{2} \sum_{i \neq j} \rho_{ij} b_i(x_1, \dots, x_n, t) b_j(x_1, \dots, x_n, t) \frac{\partial^2 F}{\partial x_i \partial x_j} \right] dt + \sum_i b_i(x_1, \dots, x_n, t) dz_i$$

¹⁵⁴ La marche aléatoire se définit comme un processus tel que est une constante et où les variables , et , avec , sont indépendantes.

ANNEXE 2 : La théorie des options réelles

Annexe 2.1. : L'analyse du risque des décisions d'investissement

La théorie de la décision traditionnelle suppose que les éléments des processus de décision sont connus avec certitude ou évalués aux valeurs modales ou moyennes qui deviennent alors un équivalent certain. Toutefois, l'hypothèse sous-jacente est l'indifférence au risque du décideur ; ce qui est généralement loin d'être vérifié. Pour parer à ce problème, plusieurs méthodes furent développées telles que la recherche opérationnelle, les arbres de décision, la programmation mathématique ou l'analyse du point neutre. Au début des années 1990, une nouvelle méthode d'analyse du risque se développe. La décision d'investir est dans ce nouveau cadre, soit :

réversible c'est-à-dire pouvant être révoquée à tout moment ; elle s'accompagne alors de la récupération de la valeur résiduelle égale à la valeur actualisée des *cash-flows* actualisés,

complètement irréversible c'est-à-dire ne pouvant être ni récupérée, ni postposée.

La décision d'investir est assimilée à une option d'achat. Ces options sont dites réelles étant donné qu'elles portent sur des investissements. Trois options réelles se distinguent :

1.
L'option de croissance : certains investissements ne se justifient que par les opportunités de croissance qu'ils offrent à l'innovateur. Ainsi, la valeur de l'investissement se décompose en :

–
une composante connue avec certitude et fondée sur la valeur actuelle des flux de trésorerie d'exploitation des actifs,

–
une composante incertaine évaluée à la valeur espérée du potentiel de croissance du projet.

2.
L'option d'exécution différée : Il s'agit de déterminer la valeur de l'attente sous-jacente au report de la date d'investissement. Le problème de décision de l'investisseur n'est plus de savoir « ***s'il convient d'investir, mais de déterminer quand investir*** » (Bancel-Richard [1995], p. 131). En investissant immédiatement, l'entreprise subit un coût d'opportunité. La valeur de l'option flexibilité, c'est-à-dire le report d'une période de la décision d'investissement, se définit comme la différence entre la valeur actuelle nette (VAN) de l'investissement différé et celle de

l'investissement immédiat. Si la valeur d'option est positive (resp. négative), il est alors préférable de reporter l'investissement d'une période (resp. d'investir immédiatement).

L'option d'abandon : La détermination de la date, à partir de laquelle l'option est abandonnée, s'interprète comme la fixation de la durée de vie d'un projet. Il est alors possible d'en déduire une valeur critique à savoir le seuil à partir duquel le projet n'est plus profitable. Aussi, est ajoutée à la valeur actuelle nette du projet la valeur des possibilités d'abandon à la fin de chaque projet.

Annexe 2.2. : Les principaux modèles d'investissement en incertitude

Annexe 2.2.1. : L'option de croissance

Détenir une option de croissance offre au décideur le droit mais non l'obligation, d'acheter une capacité supplémentaire à un prix I irrécouvrable fixé à l'avance (coûts d'achat et d'installation). La valeur de la capacité supplémentaire dépend de l'incertitude sur la demande, sur les prix ou sur les coûts de production. Aussi, la valeur de l'option de croissance se définit comme la valeur présente des profits additionnels liés à l'installation d'une unité supplémentaire de capital.

Le problème de décision de l'agent tient dans la détermination, d'une part, d'un seuil à partir duquel l'installation d'une capacité supplémentaire devient nécessaire et, d'autre part, de la date de réalisation de l'investissement. La règle de décision s'énonce en ces termes : le choix d'une capacité est optimal lorsque la valeur présente des *cash-flows* espérés provenant d'une unité supplémentaire égalise le coût total¹⁵⁵.

Soit une firme ayant comme projet d'installer, au coût irrécupérable k , une capacité de production supplémentaire. La valeur de la firme est :

$$W(K,P) = V(K,P) + F(K,P)$$

lorsque $V(K,P)$ désigne la valeur du capital K installé, $F(K,P)$ la valeur de l'option d'expansion et P le prix de vente suivant un mouvement brownien géométrique. Le prix de vente est supposé suivre un processus de Wiener se caractérisant par une différentielle stochastique du type :

$$dP = \alpha P dt + \sigma P dz$$

où α représente le taux de variation instantané moyen, σ l'écart type et l'accroissement du processus de Wiener standard. L'utilisation des méthodes de programmation dynamique permet de déterminer la valeur présente ΔV des flux espérés de profit résultant d'un accroissement marginal de capacité. Son expression est :

¹⁵⁵ Le coût total se définit comme la somme des coûts d'achat, d'installation et d'opportunité.

$$\Delta V = \begin{cases} b_1 P^{\beta_1} & \forall P < P^*(K) \\ b_2 P^{\beta_2} + \frac{\Delta \Pi}{\alpha - r} & \forall P \geq P^*(K) \end{cases}$$

où b_1 et b_2 sont des constantes d'intégration, β_1 et β_2 les constantes positives, $\Delta \Pi$ le supplément de profit¹⁵⁶, le taux d'escompte et $P(K)$ le seuil à partir duquel il convient d'investir. Le supplément de valeur découlant de l'installation d'une unité supplémentaire $\Delta F(K)$ admet pour expression¹⁵⁷ :

$$\Delta F(K) = \begin{cases} a P^\beta & \forall P \leq P^*(K) \\ \Delta V(K) - I & \forall P \geq P^*(K) \end{cases}$$

lorsque $\Delta V(K)$ désigne le supplément de valeur lié à la dernière unité de capital, a la constante d'intégration et β une constante positive. Cette approche a été généralisée aux projets d'investissements réels.

Modélisation de Pindyck [1988] : Le problème du décideur est, dans ce cadre, de déterminer la capacité K optimale de production notée $K(\theta)$. Cette dernière dépend de la demande θ qui est supposée suivre un processus de Wiener se caractérisant par une différentielle stochastique du type :

$$d\theta = \alpha \theta dt + \sigma \theta dz$$

avec α le taux de variation instantané moyen, σ la volatilité et dz l'accroissement du processus de Wiener standard. En fonction des valeurs de θ , le décideur estime la nécessité d'accroître sa capacité de production d'une unité. Ainsi, si $\theta < (2\gamma + c_2)K + c_1$ (resp. $\theta \geq (2\gamma + c_2)K + c_1$ ¹⁵⁸), alors la capacité de production supplémentaire n'est pas

utilisée (resp. est utilisée). Or investir dans une unité supplémentaire offre des opportunités de croissance.

La valeur de ces opportunités $F(K, \theta)$ se définit comme la valeur du profit additionnel

¹⁵⁶ Le raisonnement est effectué à la marge.

¹⁵⁷ Le lemme Itô permet d'écrire que lorsque suit un mouvement brownien géométrique. La solution à ce problème est, si trois conditions fondamentales sont vérifiées, de la forme .

¹⁵⁸ Les paramètres γ et c_2 sont les paramètres de la fonction de coûts. Cette dernière admet pour expression . L'expression de la fonction de demande est, quant à elle, . Si $\theta < (2\gamma + c_2)K + c_1$, alors la firme est preneur de prix.

résultant de l'augmentation du stock de capital net des coûts d'acquisition k . Elle est donnée par :

$$\Delta F(K, X) = \begin{cases} A_1 \theta^{\beta_1} & \theta \leq \theta^* \\ \Delta V(K, \theta) - k & \theta \geq \theta^* \end{cases}$$

lorsque A_1 représente une constante d'intégration, β_1 une constante positive et $\Delta V(K, X) - k$ la valeur de l'accroissement de capacité net des coûts d'installation. La valeur seuil $\theta^*(K)$ est solution de l'équation suivante :

$$\frac{b_2(\beta_1 - \beta_2)}{\beta_1} (\theta^*)^{\beta_2} + \frac{(\beta_1 - 1)}{\delta \beta_1} \theta^* - \frac{(2\gamma + c_2)K + c_1}{r} - k = 0$$

Il montre que :

l'accroissement de la valeur de l'option de croissance est supérieur à celui du capital installé,

le seuil de déclenchement de l'investissement est une fonction croissante du degré d'incertitude.

Modélisation de Dixit - Pindyck [1994] chap. XI : En investissant dans une nouvelle capacité de production, la firme ajoute une capacité supplémentaire à sa capacité totale. Aussi, déterminer les critères de décision d'un investisseur devient alors fondamental.

L'objectif du décideur est de choisir la séquence d'accroissement de sa capacité productive K_t lorsque son stock de capital initial est supposé constant et la demande qui s'adresse à elle, notée Y , est aléatoire. Cette dernière est supposée suivre un processus de Wiener se caractérisant par une différentielle stochastique du type :

$$dY = \alpha Y dt + \sigma Y dz$$

où α représente le taux de variation instantané moyen, σ l'écart type et l'accroissement du processus de Wiener standard. La valeur espérée escomptée de la firme dépend de deux éléments :

le flux de profit $W(K, Y)$ - pouvant également s'écrire $YH(K)$ avec $H' < 0$ $H'' < 0$, au cours de l'intervalle de temps dt - est donné par $\Pi(Y, Q)dt$,

la valeur de l'option croissance $F(K, Y)$ c'est-à-dire la valeur du supplément de profit

dépendant de l'augmentation du stock de capital (passage de K_0 à K) et d'une modification de la valeur de la demande Y . En désignant par r le taux d'escompte, l'expression de la valeur de l'option de croissance est donnée par :

$$F(K, Y) = e^{-rT} \left[E_{t+1} \left[W(K, Y + dY) \right] \right] - k(K - K_0)$$

La valeur espérée et escomptée de la firme est :

$$W(K, Y) = YH(K)dt + e^{-r \Delta t} \left[E_{t+1} \left[W(K, Y + dt) \right] \right] - k(K - K_0)$$

La valeur de la firme $W(K, Y)$ dépend :

de la valeur d'expansion future $A_1(K)Y^{\beta_1}$, lorsque β_1 désigne la solution

positive de la fonction quadratique

$$\Omega \equiv \frac{1}{2} \sigma^2 \beta (\beta - 1) + \alpha \beta - r \cdot \text{et} \cdot A_1(K)$$

une constante d'intégration.

de la valeur présente espérée des profits si la firme maintient son stock de capital constant ($\frac{YH(K)}{r - \alpha}$).

$$\left(\frac{YH(K)}{r - \alpha} \right)$$

Ils montrent que :

la firme investira dès que la valeur d'option additionnelle devient négative,

l'incertitude a pour effet d'accroître la propension à investir.

Modélisation de Dixit - Pindyck [1998] : Lorsqu'un décideur détient plusieurs projets, il peut non seulement décider d'en suspendre certains mais aussi d'investir dans de nouveaux. Dans ce cas, il possède une option d'abandon (option de vente) et une option de croissance (option d'achat). Son problème de décision tient dans la détermination de la capacité optimale lorsque le coût de l'investissement varie en fonction du degré d'irréversibilité¹⁵⁹ et d'expansibilité¹⁶⁰ du coût de l'investissement.

La fonction de demande à laquelle est soumise l'entreprise admet pour expression :

¹⁵⁹ La réversibilité ou l'expansion est partielle lorsque le coût d'acquisition du capital varie consécutivement à des changements d'une ou de plusieurs variables. En désignant le désinvestissement par δ , la réversibilité est totale si $\delta = 1$, partielle si $0 < \delta < 1$. L'irréversibilité est complète si $\delta = 0$.

$$P = \theta(t) Q^{1/\eta}$$

lorsque η désigne l'élasticité de la demande et $\theta(t)$ suit un processus de Wiener se caractérisant par une différentielle stochastique du type :

$$d\theta = \alpha \theta dt + \sigma \theta dz$$

Les paramètres α , σ et dz désignent respectivement le taux de variation instantané moyen, l'écart type et l'accroissement du processus de Wiener standard. La valeur espérée escomptée de la firme $W(K, \theta, t)$ dépend de :

la valeur $\Delta V(K, \theta, t)$ des flux de profits espérés résultant de l'utilisation d'une unité de capital K de production,

la valeur de l'opportunité $\Delta F(K, \theta, t)$ d'installer une ou plusieurs unités de capital supplémentaires.

L'impact de l'expansion et l'irréversibilité sur le choix et l'évolution de la capacité optimale dans le temps est dégagé au travers de deux cas polaires. Si l'investissement est irréversible et partiellement expansible, alors ΔV et ΔF admettent pour expression :

$$\Delta V(K, \theta, t) = \left(\frac{\eta - 1}{\eta \delta} \right) K^{-1/\eta} \theta = \omega(K) \theta \quad \dots \text{et} \dots \quad \Delta F = a(K) \theta R_0 e^{-\delta t}$$

Si l'investissement est partiellement irréversible et non expansible, alors l'expression de ΔV et ΔF devient :

$$\Delta V(K, \theta, t) = \theta(K) \theta R_0 e^{-\delta t} \quad \left| \quad \left(\frac{\eta - 1}{\eta \delta} \right) K^{-1/\eta} \theta \quad \dots \text{et} \dots \quad \Delta F = \text{Max} \left\{ 0; \Delta V(K, \theta, t) - K_0 \right\}$$

Ils montrent que les décisions d'expansion et de désinvestissement sont prises séparément notamment lorsque l'écart initial entre les prix d'achat et de vente du capital est important.

Annexe 2.2.2. : L'option d'exécution différée

Un projet, dont le coût de réalisation irrécouvrable est I , est entrepris par un décideur neutre au risque. Les rendements annuels R_t sont aléatoires. Ils suivent un processus de

¹⁶⁰ Si la capacité d'expansion admet pour expression lorsque désigne le degré d'expansion, alors cette dernière est totale si , nulle si et partielle si .

Wiener se caractérisant par une différentielle stochastique du type :

$$dR_t = \alpha R_t dt + \sigma R_t dz$$

lorsque α et σ désignent les moyenne et volatilité instantanées et dz les accroissements d'un processus standard de Wiener.

Si l'investissement n'est pas rentable ($R_t < I$), alors le décideur désinvestit. Le coût d'opportunité subit par la firme est évalué à AR_t^β avec A une constante d'intégration et β une constante positive. Tant que l'investissement est rentable ($R_t > I$), alors il est poursuivi. Les flux de profits futurs admettent pour expression $\frac{V}{r} - I$ si r désigne le coût

$$\frac{V}{r} - I$$

d'opportunité du capital K . Le problème du décideur est de déterminer la date optimale d'investissement lorsque la valeur du projet admet pour expression :

$$V(R_t) = \begin{cases} AR^\beta & \text{si } R < I \\ \frac{R}{r} - I & \text{si } R > I \end{cases}$$

Cette approche a été généralisée aux investissements réels¹⁶¹.

Modélisation de McDonald-Siegel [1986] : Le problème du décideur consiste à élaborer une règle de décision afin de déterminer la date $C(t)$ à partir de laquelle il convient de s'engager de façon irréversible dans un projet. Cet investissement donne au décideur une option supposée perpétuelle qui consiste à payer des coûts irrécupérables F_t et recevoir des rendements de valeur V_t . Les coûts et les rendements sont supposés incertains.

Les coûts irrécouvrables suivent un processus de Wiener se caractérisant par une différentielle stochastique du type :

$$dF = \alpha_f F dt + \sigma_f F dz_f$$

où α_f , σ_f désignent les moyenne et volatilité instantanées, dz_f l'accroissement du

¹⁶¹ Le gain résultant du report de la décision peut aussi s'évaluer en , construisant un portefeuille équivalent (Pindyck [1991b], Dixit-Pindyck [1994] chap. 2, Bancel-Richard [1995]). La valeur initiale du portefeuille est donnée par lorsque désigne la valeur de l'option d'investissement et le nombre de produits pouvant être vendus au prix . A la période suivante, la valeur du portefeuille devient (resp.) si le prix du bien augmente (resp. diminue) suite au passage de à avec (resp. à avec). La valeur du portefeuille devient lorsque . La valeur de l'option d'investissement est alors de avec le taux d'intérêt sans risque. Deux critiques majeures peuvent être adressées à l'encontre de cette approche (Bancel-Richard [1995]) : i) l'inexactitude de l'identité entre les taux d'actualisation d'un projet risqué et d'intérêt sans risque et ii) le caractère irréaliste de l'hypothèse d'efficience du marché des biens.

processus de Wiener tel que $dz_f = \varepsilon(t)(dt)^{1/2}$ et $\varepsilon(t)$ une variable aléatoire non

corrélée en série normalement distribuée.

Le processus de diffusion modélisant l'incertitude portant sur les rendements est considéré, dans un premier temps, comme continu puis, dans un second temps, comme discontinu c'est-à-dire modélisé sous la forme d'un processus de Poisson dq où λ désigne le taux de hasard moyen au cours d'un intervalle de temps infinitésimal et dq est tel que

$$dq = \begin{cases} -1 & \text{avec la probabilité } \lambda dt \\ 0 & \text{avec la probabilité } (1 - \lambda) dt \end{cases}$$

La valeur des rendements V_t est alors donnée par :

$$dV = \alpha_v V dt + \sigma_v V dz_v \quad \text{lorsque le processus de diffusion est continu,}$$

$$\frac{dV}{V} = \alpha_v dt + \sigma_v dz_v + dq \quad \text{lorsque le processus de diffusion est discontinu,}$$

lorsque α_u désigne la moyenne instantanée du processus, σ_u l'écart type et dz_u l'accroissement du processus de Wiener. La valeur escomptée espérée des paiements $X(t)$ devient :

lorsque le processus de diffusion des rendements est continu :

$$E_0 \left\{ F_t [C^* - 1] e^{-rt} \right\} = [C^* - 1] E_0 \left\{ F_t e^{-rt} \right\}$$

où r désigne le taux de préférence pour le présent, C^* la valeur seuil avec

$$C^* = \frac{\beta}{\beta - 1}$$

$$\beta = \sqrt{\left(\frac{\alpha_v - \alpha_f}{\sigma^2} - \frac{1}{2} \right)^2 + \frac{2(\mu - \alpha_f)}{\sigma^2}} + \left(\frac{1}{2} - \frac{\alpha_v - \alpha_f}{\sigma^2} \right)$$

lorsque le processus de diffusion des rendements est discontinu :

$$X^* = \int_0^{\infty} \lambda e^{-\lambda T} X(T) dT = \underset{\{C\}}{\text{Max}} E_0 \left\{ F[C_t - 1] e^{-(r+\lambda)t} \right\}$$

La nouvelle valeur de

$$\beta \text{ est } \bar{\beta} = \sqrt{\left(\frac{r - \delta_v}{\sigma_v^2} - \frac{1}{2} \right)^2 + \frac{2(r + \lambda)}{\sigma_v^2}} + \left(\frac{1}{2} - \frac{r - \delta_v}{\sigma_v^2} \right)$$

Ils montrent que :

dans la première configuration, X est une fonction croissante (resp. décroissante) des taux de volatilité σ_v^2 et σ_f^2 (resp. du coefficient de corrélation ρ_{vf}),

dans la seconde configuration, un accroissement du taux de hasard moyen réduit non seulement la valeur de l'option mais aussi celle de C .

Modélisation de Pindyck [1991b] : La théorie des options réelles permet de déterminer la valeur seuil à partir de laquelle un investissement peut être entrepris. Ce cadre analytique permet également d'évaluer la valeur d'un projet V(P).

Une fois le projet entrepris, le décideur est supposé détenir un portefeuille d'options lui permettant de produire un bien au coût marginal c et de le vendre au prix aléatoire P. L'incertitude sur le prix de vente est modélisée au travers d'un processus stochastique de Wiener admettant pour expression :

$$dP = \alpha P dt + \sigma P dz$$

où α , σ désignent les moyenne et volatilité instantanées et dz les accroissements du processus de diffusion standard. La valeur du projet est :

$$V(P) = \begin{cases} A_1 P^{\beta_1} & \text{si } P < c \\ A_2 P^{\beta_2} + \frac{P}{\delta} - \frac{c}{r} & \text{si } P > c \end{cases}$$

Lorsque $A_1 P^{\beta_1}$ (resp. $A_2 P^{\beta_2}$) désigne le coût d'opportunité lié à l'arrêt de la

$\frac{P}{\delta} - \frac{c}{r}$ la valeur présente des flux de profits futurs, δ le produit marginal lié au stockage

de la production, A_1 et A_2 des constantes d'intégration et β_1 et β_2 les constantes positives.

La valeur de l'option est alors donnée par ;

$$F(P) = \begin{cases} aP^{\beta_1} & \text{si } P \leq P^* \\ V(P) - I & \text{si } P > P^* \end{cases}$$

avec I une somme irrécouvrable. Le prix critique P^* est solution de
si la valeur a est donnée par

$$\frac{A_2(\beta_1 - \beta_2)}{\beta_1} (P^*)^{\beta_2} + \frac{(\beta_1 - 1)}{\delta \beta_1} (P^*) - \frac{c}{r} - I = 0$$

$$a = \frac{\beta_2 A_2}{\beta_1} (P^*)^{\beta_2 - \beta_1} + \frac{1}{\delta \beta_1} (P^*)^{1 - \beta_1}$$

Il montre que :

la valeur $V(P)$ du projet est une fonction croissante (resp. décroissante) de la volatilité instantanée σ (resp. du coût d'opportunité du projet δ),

le prix critique est une fonction croissante de σ et de δ .

Modélisation de Dixit [1992] : Attendre offre au décideur l'opportunité d'éliminer les risques les plus faibles. Soit un investissement caractérisé par des coûts K partiellement irrécouvrables et des revenus futurs aléatoires \tilde{R} . Le coût d'opportunité de l'action

immédiate est BR^β lorsque les constantes d'intégration B et positive β sont supérieures respectivement à zéro et à l'unité. La valeur du projet est donnée par :

$$V(\tilde{R}) = \begin{cases} B R^\beta & \text{si } R \leq H \\ \frac{R}{\rho} - K & \text{si } R \geq H \end{cases}$$

où ρ supposé exogène désigne le coût d'opportunité du capital et H la valeur de

· $\beta > 1$ · avec · $\beta = \frac{1}{2} \left[1 + \sqrt{1 + \frac{8\rho}{\sigma^2}} \right]$, l'expression de la valeur de l'attente est

donnée par :

$$H = \frac{\beta}{\beta - 1} \rho K$$

Il montre que :

· une faible incertitude engendre une faible valeur d'attente,

· si l'incertitude est forte, déterminer un seuil de décision permet d'éviter de mauvais résultats.

Annexe 2.2.3. : L'option d'abandon

Détenir une option d'abandon offre au décideur le droit mais non l'obligation de suspendre irrévocablement (Dixit-Pindyck [1994] chap. 6, Abel *et al* [1996]) ou temporairement (Dixit [1989], Dixit-Pindyck [1994] chap. 7) un investissement I irrécouvrable. L'option d'abandon est évaluée à la valeur des flux de profit d'exploitation que la firme aurait pu percevoir si elle avait maintenu son investissement.

L'investissement est poursuivi tant que les flux de profits sont positifs. En revanche, s'ils deviennent négatifs, la firme peut avoir intérêt à suspendre l'opération. Dans la mesure où le redémarrage est coûteux, il existe une valeur d'option liée au maintien en vie du projet. L'abandon du projet devient optimal lorsque les pertes sont suffisamment grandes. Le problème de décision de l'agent tient alors dans la détermination d'une valeur seuil (VC) à partir de laquelle le projet doit être abandonné. La règle de décision est telle que : le projet est maintenu en vie tant que la valeur actuelle des *cash-flows* à laquelle s'ajoute la valeur espérée des flux de profit liés à la poursuite de l'investissement excèdent les coûts d'exploitation.

Soit une firme engagée dans un projet de valeur V lui permettant de produire un bien au coût variable constant de production C . Par hypothèse, l'évolution du prix de la production suit un processus stochastique admettant pour expression :

$$dP = \mu P dt + \sigma P dz$$

lorsque μ et σ désignent les moyenne et écart type instantanés du processus et dz l'accroissement standard du processus de Wiener. Deux options se présentent à la firme. Elle peut, soit abandonner ou suspendre son projet, soit le maintenir en vie.

La valeur espérée escomptée du projet $V_j(P)$ dépend du choix du décideur :

s'il décide de suspendre (ou d'abandonner) le projet ($j=1$), la valeur de ce dernier ne dépend que des profits futurs escomptés pouvant être obtenus si le prix de vente est supérieur au coût. Dans ce cadre, la valeur espérée escomptée du projet est :

$$V_0(P) = A_1 P^{\beta_1},$$

où A_1 est une constante d'intégration et β_1 une constante.

s'il décide de maintenir son projet lorsque celui-ci est rentable ($j=0$), les flux de profit se composent de flux courants et futurs d'exploitation. La valeur espérée escomptée du projet devient :

$$V_1(P) = B_2 P^{\beta_2} + \frac{P}{\mu - \alpha} - \frac{C}{r}$$

lorsque r désigne le taux d'intérêt sans risque, B_2 une constante d'intégration, β_2 une constante positive.

Il est alors possible de définir deux seuils P_H et P_L avec $P_H > P_L$ tels que :

Si $P < P_H$ (resp. $P > P_H$), ne rien faire (resp. investir) est pour la firme la stratégie optimale,

Si $P > P_L$ (resp. $P < P_L$), maintenir l'investissement (resp. abandonner) est la stratégie optimale,

si le prix de vente fluctue entre les deux seuils, la politique d'investissement de la firme n'est pas modifiée.

Modélisation de Dixit [1989] : Investir dans un projet offre au décideur non seulement une option de croissance sur les opportunités à venir mais aussi une option de vente c'est-à-dire la possibilité de suspendre temporairement ou définitivement le projet. Cette

dernière dépend de l'incertitude à laquelle est soumis le décideur supposé neutre au risque.

Les firmes se définissent par leur technologie de production. Elles peuvent, soit :

- investir une somme irrécouvrable k dans une nouvelle technique de production leur permettant de produire au coût variable ω ,

- abandonner leur technique de production ; dans ce cas, elles supportent des coûts de sortie l supposés irrécouvrables.

L'incertitude à laquelle est soumis le décideur porte sur le prix du marché. Celui-ci suit un processus de Wiener se caractérisant par une différentielle stochastique du type :

$$dP = \alpha P dt + \sigma P dz$$

où α représente le taux de variation instantané moyen, σ l'écart type et dz l'accroissement du processus de Wiener standard. La valeur espérée escomptée des profits dépend de l'incertitude sur le prix de vente et de la politique technologique de la firme.

En maintenant le projet en vigueur, la firme perçoit les revenus d'exploitation suivants :

$$\text{Revenus d'exploitation} = E \left(\int_0^{\infty} (P_t - \omega) e^{-\rho t} dt \right) = \frac{P}{\rho - \mu} - \frac{\omega}{\rho}$$

où μ représente le taux de croissance du prix du marché¹⁶², ρ le taux d'escompte. Poursuivre l'exploitation du projet offre à la firme des opportunités d'exploitation. La valeur présente nette espérée $V_1(P)$ lorsque le projet est maintenu en vigueur admet pour expression :

$$V_1(P) = AP^{-\alpha} + \left(\frac{P}{\rho - \mu} - \frac{\omega}{\rho} \right)$$

avec A une constante d'intégration et α une constante positive. En revanche, si le projet est interrompu, sa valeur actuelle nette espérée $V_0(P)$ correspond à la valeur de la fermeture du projet à savoir :

¹⁶² En , le prix initial est . Aussi .

$$V_0(P) = BP^\beta$$

lorsque B désigne une constante d'intégration et β une constante positive. Il est alors possible de mettre en évidence un effet hystérésis dont l'expression est

$$G(P) = V_1(P) - V_0(P)$$

Il montre que :

dès lors qu'il y a incertitude, l'effet hystérésis existe et cela même si les coûts irrécouvrables sont faibles,

l'incertitude accroît la zone d'inaction.

Modélisation de Pindyck [1993] : En investissant dans un nouveau projet, la firme subit une incertitude portant, soit :

sur les rendements ultérieurs dans la mesure où elle ignore quel sera le prix du marché et/ou la demande ultérieure,

sur les coûts de production en raison de l'évolution aléatoire de l'état de la technique (incertitude technique) et/ou des prix des facteurs de production (incertitude portant sur les facteurs de production).

Aussi, il est possible de mettre en lumière les conséquences sur la valeur de l'opportunité d'investissement $F(K)$ de ces incertitudes.

Soit une firme investissant dans un projet générant des rendements V supposés connus. Les coûts K sont supposés incertains. Leur expression est :

$$dK = -I dt + g(I, K) dz + \gamma K dw$$

où $z(t)$; $w(t)$ désignent les processus de Wiener supposés non corrélés et $g(I, K)$ caractérise la structure des coûts. Le taux d'investissement I est tel que l'investissement est abandonné si $I=0$ et poursuivi si $I=k$ où k désigne le taux d'investissement maximal d'une firme. Si $\gamma=0$, l'incertitude est de nature technique ; en revanche si $\beta=0$, l'incertitude porte sur les facteurs de production. La valeur de l'opportunité d'investissement $F(K)$ admet pour expression :

$$F(K; V, k) = \underset{I(t)}{\text{Max}} E_0 \left[V e^{-\mu \tilde{T}} - \int_0^{\tilde{T}} I(t) e^{-\mu t} dt \right]$$

$$s.c. \quad 0 \leq I(t) \leq k \quad \text{et} \quad K(\tilde{T}) = 0$$

où μ est le taux d'intérêt sans risque et \tilde{T} la durée aléatoire du projet. La valeur de

l'opportunité d'investissement varie en fonction de la nature de l'incertitude portant sur les coûts. Ainsi,

si seule l'incertitude technologique joue un rôle, alors la valeur $F(K)$ devient :

$$F(K) = (V - K) + \beta^2 \left(\frac{V}{2} \right)^{-2/\beta^2} \left(\frac{K}{\beta^2 + 2} \right)^{(\beta^2 + 2)/\beta^2}$$

Le terme $V - K$ désigne les profits maxima pouvant être obtenus par la firme ; le second terme est une mesure du regret d'avoir choisi à tort la décision d'abandon. Dans ce cadre, la valeur K^* à partir de laquelle le projet est réalisé est

$$K^* = \left(1 + \frac{1}{2} \beta^2 \right) V$$

. Il montre alors que :

. Si $r=0$, la valeur critique K^* est une fonction croissante de β . Aussi, plus l'incertitude technologique est grande, plus grande est la valeur de l'opportunité d'investissement.

. Si $r>0$, $F(K)$ est une fonction croissante (resp. décroissante) de β et k (resp. K).

. si seule l'incertitude sur les facteurs de production est considérée, alors les valeurs algébriques de $F(K)$ et K^* sont difficilement identifiables. Toutefois, des simulations permettent de dégager un certain nombre de résultats. Il montre que :

–
Si $r=0$, il n'existe aucune incitation à entreprendre l'investissement.

–
Si $r>0$, $F(K)$ est une fonction décroissante de K ; K^* est, quant à elle, une fonction décroissante de γ .

Modélisation de Dixit-Pindyck [1994], chap. 6 : Exercer une option d'abandon offre à son détenteur le droit mais non l'obligation de suspendre, soit temporairement, soit définitivement son investissement. Suspendre temporairement un investissement lui évite de supporter les coûts irrécouvrables de sortie et d'entrée.

Soit une firme, neutre au risque, investissant dans un projet de valeur V lui permettant de produire un bien au coût variable constant de production C . L'évolution du prix de la production suit un processus stochastique admettant pour expression :

$$dP = \mu P dt + \sigma P dz$$

lorsque μ et σ désignent les moyenne et écart type instantanés du processus et dz l'accroissement standard du processus de Wiener. L'expression des flux de profit est alors :

$$\Pi(P) = \text{Max}[P - C ; 0]$$

Deux configurations se distinguent :

Si $P < C$, le projet devenu non rentable est suspendu¹⁶³ voire arrêté et la valeur des flux de profit est nulle ($\Pi(P) = 0$) ; la solution générale du problème est :

$$V(P) = AP^{\beta_1}$$

avec A désigne la constante d'intégration et β_1 une

$$A = \frac{C^{1-\beta_1}}{\beta_1 - \beta_2} \left(\frac{\beta_2}{r} - \frac{\beta_2 - 1}{\mu - \alpha} \right)$$

constante positive.

si $P > C$, la valeur du projet admettant pour expression dépend :

$$V(P) = BP^{\beta_2} + \frac{P}{(\mu - \alpha)} - \frac{C}{r}$$

des flux courants d'exploitation $\frac{P}{(\mu - \alpha)} - \frac{C}{r}$ avec μ le taux d'escompte et r le taux

¹⁶³ Les coûts de suspension de l'exploitation sont supposés nuls.

d'intérêt sans risque,

du coût d'opportunité émanant de la suspension du projet BPA où

$$B = \frac{C^{1-\beta_2}}{\beta_1 - \beta_2} \left(\frac{\beta_1}{r} - \frac{\beta_1 - 1}{\mu - \alpha} \right)$$

désigne une constante d'intégration et β_2 une

constante positive.

Ils montrent que :

la valeur $V(P)$ est une fonction croissante de σ ,

la valeur seuil P^* à partir de laquelle le projet est entrepris est une fonction croissante de $(\mu - \alpha)$.

ANNEXE 3 : L'efficacité statique du système des brevets

Annexe 3.1. : L'efficacité statique du système des brevets

Annexe 3.1.1. : Engagement irréversible *versus* flexibilité : les résultats théoriques

Vives [1989] oppose l'incertitude *ex ante* à celle *ex post* mesurée par la variabilité des croyances *a posteriori* suite à la réception d'un signal imparfait. Ainsi, une augmentation de l'incertitude *ex ante* accroît non seulement la valeur de la flexibilité mais aussi celle de l'engagement. Il s'en suit que, si le coût de la flexibilité est faible, une précision du signal peut induire une diminution des profits espérés et par conséquent inciter les firmes à investir moins en flexibilité.

Le problème de Spencer-Brander [1992] tient dans l'arbitrage entre deux décisions : une décision irréversible (engagement stratégique préalable à la résolution des incertitudes) et celle flexible (bénéfice informationnel). Ils montrent que, si l'incertitude est forte, un leader de Stackelberg peut préférer abandonner sa position de leader même s'il est contraint d'évoluer sur un pied d'égalité avec ses concurrents.

Henry [1993] souligne, dans le cadre d'un modèle de duopole à la Cournot en quantité (resp. en prix), le caractère antinomique (resp. complémentaire) des décisions flexible et irréversible.

Lecostey [1994] dégage la possibilité pour la flexibilité d'avoir une valeur stratégique.

Ainsi, en optant pour la décision flexible, le décideur soumis à une forte incertitude peut dissuader un concurrent d'entrer en réduisant son bénéfice informationnel alors que la décision irréversible (engagement en capacité) autorise l'entrée.

Yildizoglu [1994] démontre, dans un modèle de marché à deux étapes soumis à une information incomplète, que l'effet irréversibilité modifie l'effet stratégique des barrières à l'entrée. Ce dernier est à l'origine de la réduction de l'ensemble des états pour lesquels l'entrée est profitable.

L'objet de Boyer-Moreaux [1997] tient dans la mise en évidence de l'influence :

.
de la taille espérée du marché,

.
de la volatilité du marché,

.
du différentiel de coût en matière d'investissement d'une technologie flexible,

.
de la pente de la fonction de demande,

.
du niveau minimum moyen et variable du coût de production.

Il s'en suit que les technologies non flexibles seront plus facilement utilisées si les taille et volatilité du marché sont respectivement intermédiaire et faible. L'usage des technologies flexibles sera favorisé lorsque les taille et volatilité du marché sont grandes. En revanche, si la taille et la volatilité du marché sont toutes les deux faibles ou intermédiaires, alors les technologies flexibles et non flexibles coexistent.

Annexe 3.1.2. : Fonctions de profit et quantités d'équilibre

Innovation de base améliorable et brevetée : Les fonctions de profit et les quantités demandées sont résumées par les tableaux 1 et 2.

Firme 1	Brevet	Secret
Firme 2		
Brevet		$\Pi_1 = (\alpha - \sigma - u)q_1 - cq_1$ $\Pi_2 = (\sigma - \gamma - u)q_2 - (c - z)q_2 - F$
Secret	$\Pi_1 = (\alpha - \sigma - u)q_1 - (c - z)q_1$ $\Pi_2 = (\sigma - \gamma + u)q_2 - cq_2 - F$	$\Pi_1 = (\alpha - \sigma - u)q_1 - cq_1$ $\Pi_2 = (\sigma - \gamma - u)q_2 - cq_2 - F$
Absence d'entrée	$\Pi_M = (\alpha - \sigma + u)q - (c - z)q$ $\Pi_2 = 0$	$\Pi_m = (\alpha - \sigma + u)q - cq$ $\Pi_2 = 0$

Tableau 6 : Fonctions de profits

Firme 1	Brevet	Secret
Firme 2		
Brevet		$q_1^* = \frac{a+x-c-2s}{4}$ $q_2^* = \frac{a+x-c+2s}{2}$
Secret	$q_1^* = \frac{a+x-c+2s}{3}$ $q_2^* = \frac{a+x-c-2s}{4}$	$q_1^* = \frac{a+x-c}{3}$ $q_2^* = \frac{a+x-c}{3}$
Absence d'entrée	$q_1^* = \frac{a-x-c+2s}{2}$ et $q_2^* = 0$	$q_1^* = \frac{a-x-c}{2}$ et $q_2^* = 0$

Tableau 7 : Quantités optimales

Innovation de base améliorée et secret : Les fonctions de profit des firmes sont résumées par les tableaux 3 et 4.

Firme 1	Brevet	Secret
Firme 2		
Brevet		$\Pi_1 = (a - q + u)q_1 - cq_1$ $\Pi_2 = (a - q + u)q_2 - (c - \bar{c})q_2 - \bar{F}$
Secret	$\Pi_1 = (a - q + u)q_1 - (c - \bar{c})q_1$ $\Pi_2 = (a - q + u)q_2 - cq_2 - \bar{F}$	$\Pi_1 = (a - q + u)q - cq - \bar{F}$ $\Pi_2 = \bar{F}$
Absence d'entrée	$\Pi_{br} = (a - q + u)q - (c - \bar{c})q$ $\Pi_2 = 0$	$\Pi_{se} = (a - q + u)q - cq - \bar{F}$ $\Pi_2 = 0$

Tableau 8 : Fonctions de profit

Firme 1	Brevet	Secret
Firme 2		
Brevet		$q_1^* = \frac{a+b-c-2\varepsilon}{2}$ $q_2^* = \frac{a+b-c+2\varepsilon}{2}$
Secret	$q_1^{**} = \frac{a+b-c+2\varepsilon}{2}$ $q_2^{\hat{c}} = \frac{a-b-c-2\varepsilon}{4}$	$q_1^* = \frac{a+b-c}{2}$ $q_2^{\hat{c}} = 0$
Absence d'entrée	$q_1^{**} = \frac{a-b-c+\varepsilon}{2}$ $q_2^{\hat{c}} = 0$	$q_1^* = \frac{a-b-c}{2}$ $q_2^{\hat{c}} = 0$

Tableau 9 : Quantités optimales

Innovation de base non améliorable et secret : Les fonctions de profit des firmes sont résumées par les tableaux 5 et 6.

Firme 1	Brevet	Secret
Firme 2		
Brevet		$\pi_1 = (x - y + u)q_1 - cq_1$ $\pi_2 = (x - y + u)q_2 - (c - \sigma)q_2 - s$
Secret	$\pi_1 = (x - y + u)q_1 - (c - \sigma)q_1$ $\pi_2 = (x - y + u)q_2 - cq_2 - s$	$\pi_1 = (x - y - \alpha)q_1 - \sigma q_1 - s$ $\pi_2 = s$
Absence d'entrée	$\pi_1 = (x - y - \alpha)q_1 - (c - \sigma)q_1$ $\pi_2 = 0$	$\pi_1 = (x - y + u)q_1 - cq_1 - s$ $\pi_2 = 0$

Tableau 10 : Fonctions de profit

Titre 1	Revel	Secret
Titre 2		
Revel	$q_1^R = \frac{a+x-c-z}{2}$	$q_1^S = \frac{a+x-c-zs}{2}$ $q_2^S = \frac{a+x-c-zs}{2}$ $q_2^R = \frac{a-x-c}{2}$
Secret	$q_2^S = \frac{a+x-c-zs}{-1}$	$q_2^S = 0$
Absence d'entrée	$q_{ad}^R = \frac{a+x-c-z}{2}$ $q_2^R = 0$	$q_{ad}^S = \frac{a+x-c}{2}$ $q_2^S = 0$

Tableau 11 : Quantités optimales

Annexe 3.2. : La valeur d'option séquentielle de Llerena [1985]

Un décideur, neutre au risque, est confronté, à la première période, à l'alternative suivante : choisir entre une décision réversible d_1 et une décision irréversible d_2 ¹⁶⁴. L'ensemble des décisions D est tel que $D=\{d_1, d_2\}$. Soient r_i le gain de la décision i à la première période et r_{ij}^k le gain de la décision j prise à la deuxième période si la décision

i a été prise à la première période et si l'état du monde k apparaît. La partition des états de la nature est donnée par $S = \{s_1, s_2\}$ où s_k désigne l'état de la nature k potentiellement réalisable en deuxième période pour tout $k=\{1,2\}$. Les probabilités de réalisation *a priori*

¹⁶⁴ Si d_2 est choisie, le décideur peut alors profiter du supplément d'information. Il s'en suit une modification de la valeur de son revenu. En revanche, s'il choisit d_1 , la valeur de son revenu reste inchangée.

des états de la nature sont $\Pr(s_1) = p$ et $\Pr(s_2) = (1-p)$. La figure 9 représente la séquence de décisions.

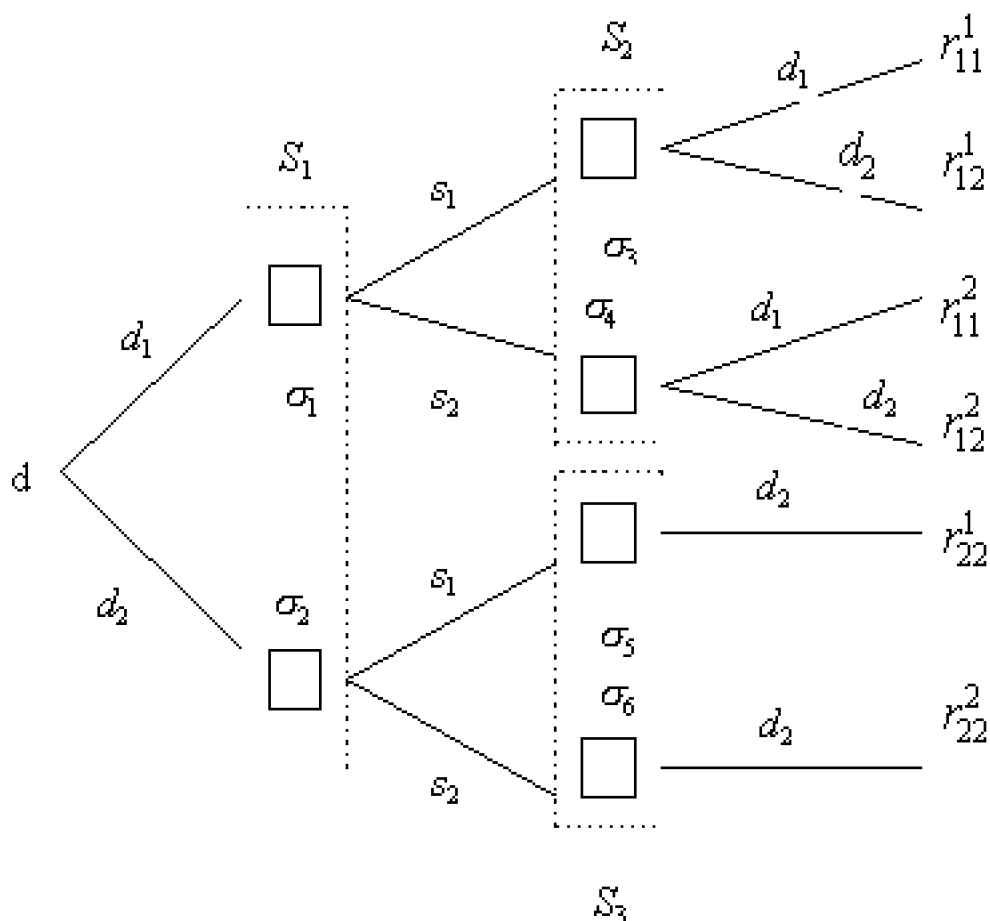


Figure 9 : Séquence de décisions

L'objectif du décideur tient dans la maximisation de l'espérance d'utilité de ses revenus actualisés sur les deux périodes. Les gains de seconde période, lorsque l'information devient parfaite, sont résumés dans le tableau 12.

Etats de la nature	s_1	s_2
Décision		
d_1 / d_1	r_{11}^1	r_{11}^2
d_2 / d_1	r_{12}^1	r_{12}^2
d_2 / d_2	r_{22}^1	r_{22}^2

Tableau 12 : Matrice des gains de seconde période

La valeur de l'information provenant de la capacité de l'agent d'adapter sa décision à la survenance d'information (croissance de l'information) dépend des structures d'information retenues. Lorsque la structure d'information est à information nulle¹⁶⁵ c'est-à-dire $S = \{S_1, S_2, S_3\}$, alors l'expression des revenus actualisés R_i de la décision i est pour tout taux de préférence pour le présent a :

$$R_1 = r_1 + \frac{1}{1+a} \text{Max} \left[\left(p.r_{11}^1 + (1-p).r_{11}^2 \right), \left(p.r_{12}^1 + (1-p).r_{12}^2 \right) \right]$$

$$R_2 = r_2 + \frac{1}{1+a} \left[\left(p.r_{22}^1 + (1-p).r_{22}^2 \right) \right]$$

Si les revenus de première période de l'investissement flexible excèdent ceux de l'investissement irréversible *i.e.* si $r_1 > r_2$, alors le décideur choisira à la première période l'alternative flexible. Le problème de décision de l'innovateur ne se pose que lorsque les revenus de première période engendré par l'investissement irréversible sont supérieurs à ceux de l'investissement flexible. Dans ce cadre, l'innovateur optera pour l'investissement flexible si $R_1 > R_2$ - sachant que revenu actualisé de la décision R_1 est donné par

$$R_1 = r_1 + \left(p.r_{11}^1 + (1-p).r_{11}^2 \right) - \text{à savoir :}$$

¹⁶⁵ Ce cadre analytique est supposé atemporel. Par conséquent, la croissance de l'information est, soit ignorée par le décideur, soit inexistante.

$$r_2 - r_1 > \frac{1}{1+a} \left[p(r_{11}^1 - r_{22}^1) + (1-p)(r_{11}^2 - r_{22}^2) \right]$$

En revanche, si la structure d'information est complète, la réalisation des états de la nature de seconde période est connue avec certitude. La structure d'information devient $S'' = \{\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3, \sigma_4, \sigma_5, \sigma_6\}$. L'expression des revenus actualisés est :

$$R_1' = r_1 + \frac{1}{1+a} p \text{Max}\{r_{11}^1; r_{12}^1\} + (1-p) \text{Max}\{r_{11}^2; r_{12}^2\}$$

$$R_2 = r_2 + \frac{1}{1+a} \left[p r_{22}^1 + (1-p) r_{22}^2 \right]$$

La décision de première période dépend :

des revenus de première période r_i ,

des profits espérés de seconde période.

Aussi, plusieurs configurations peuvent être mises en évidence. Si les revenus de première (resp. seconde) période de la décision irréversible sont supérieurs (resp. inférieurs) à ceux de la décision flexible, alors la décision irréversible sera prise en première période si :

les états de la nature s_1 et s_2 sont favorables à la décision réversible d_1 , alors le décideur opte pour la décision irréversible si et seulement si

$$R_2 \geq R_1'$$

$$r_2 - r_1 \geq \frac{1}{1+a} \left\{ p(r_{11}^1 - r_{22}^1) + (1-p)(r_{11}^2 - r_{22}^2) \right\}$$

l'état de la nature s_1 (resp. s_2) est plus favorable à la décision réversible d_1 (resp. irréversible d_2) c'est-à-dire $r_{11}^1 > r_{12}^1$ (resp. $r_{11}^2 < r_{12}^2$), alors le décideur opte pour la

décision irréversible $R_2 \geq R_1'$ si et seulement si :

$$R_2 \geq R_1'$$

$$r_2 - r_1 \geq \frac{1}{1+\alpha} \left\{ p(r_{11}^1 - r_{22}^1) + (1-p)(r_{12}^2 - r_{22}^2) \right\}$$

l'état de la nature s_1 (resp. s_2) est plus favorable à la décision d_2 (resp. d_1) c'est à dire $r_{12}^1 > r_{11}^1$ (resp. $r_{11}^2 > r_{12}^2$), alors le décideur opte pour la décision irréversible

$$R_2 \geq R_1 \text{ ' si :}$$

$$r_2 - r_1 \geq \frac{1}{1+\alpha} \left\{ p(r_{12}^1 - r_{22}^1) + (1-p)(r_{11}^2 - r_{22}^2) \right\}$$

les états de la nature s_1 et s_2 sont favorables à la décision réversible d_2 , alors le décideur opte pour la décision irréversible $R_2 \geq R_1$ ' si :

$$r_2 - r_1 \geq \frac{1}{1+\alpha} \left\{ p(r_{12}^1 - r_{22}^1) + (1-p)(r_{12}^2 - r_{22}^2) \right\}$$

Le terme de droite désigne la valeur d'option séquentielle (VOS), au sens de Liéréna [1985]. Elle représente « **le gain maximum auquel l'entrepreneur est prêt à renoncer à la première période pour ne pas choisir l'investissement irréversible** » (Liéréna [1985], p. 282) c'est à dire le regret d'avoir choisi, à la seconde période, un investissement irréversible à tort. Ce concept, analogue à celui de *mauvaises nouvelles*, intègre, dans le processus de décision d'un agent, la réalisation d'événements aléatoires défavorables à une décision irréversible (Bernanke [1983]). Selon ce principe, un décideur, engagé dans un projet irréversible, s'avère pessimiste. Aussi, seules les réalisations défavorables de l'aléa, auxquelles il sera confronté, seront prises en compte. L'agent économique reporte sa décision dans l'attente d'information plus complète sur son environnement¹⁶⁶.

¹⁶⁶ Néanmoins, une fois le projet lancé, le comportement du décideur répond au principe des « *bonnes nouvelles* » (Dixit [1989]). Si la réalisation du projet s'écarte des prévisions initiales dans un sens défavorable, le décideur anticipe une amélioration ultérieure et par conséquent abandonnera l'option de désinvestissement. Si la dégradation de sa situation est profonde et durable, il envisagera une sortie définitive de l'activité.

Glossaire

Accessibilité d'une information au public : Une information est accessible au public si elle a été divulguée de manière suffisamment complète pour qu'un homme de métier puisse la reproduire matériellement.

Acte de contrefaçon : Ces actes sont accomplis illégitimement par des tiers.

Action en contrefaçon : Cette action est destinée à faire cesser l'empiètement indu à l'instant évoqué. Elle a pour objet la défense de la propriété et appelle, selon les règles générales de la responsabilité civile, à réparation.

Brevet d'invention : Ce titre est délivré par l'Etat à la demande du détenteur d'une création industrielle. Il confère à son titulaire un droit exclusif d'exploitation. Est habilitée à déposer un brevet toute personne physique ou morale.

Cession de brevet : Elle se matérialise sous la forme contrat par lequel le breveté cédant transfère son droit au cessionnaire en contrepartie du versement d'un prix en argent.

Contrefaçon : La contrefaçon est un délit qui consiste à porter atteinte, sous quelque forme que ce soit, aux différents droits de propriété intellectuelle tels qu'ils ont été codifiés dans le droit français par la loi N° 92-597 du 1^{er} juillet 1992.

Découverte : Il y a découverte dès lors qu'il y a établissement d'un phénomène qui existait objectivement mais était inconnu auparavant.

Demande de brevet : Elle prend la forme d'un dossier devant comporter divers

documents (requête de délivrance, une description de l'invention suffisante pour qu'un homme de métier puisse la réaliser, la rédaction d'une ou de plusieurs revendications, des dessins et le justificatif des paiements de redevances). La demande peut être formulée, soit auprès de l'INPI (Institut National de la Propriété Industrielle), soit auprès d'une préfecture autre que Paris à titre individuel ou en copropriété.

Description : elle trace la « circonférence » dans laquelle doivent s'inscrire les revendications initiales - c'est-à-dire la définition de la largeur et la hauteur - et leurs modifications éventuelles.

Droit de la propriété industrielle : Il vise à régulariser le jeu de la concurrence économique et à promouvoir le progrès technique. Cet objectif est réalisé par la reconnaissance à certaines personnes de droits exclusifs leur assurant une position protégée face aux concurrents. Ces droits peuvent prendre la forme de droits sur les créations industrielles (droit des brevets, droit des dessins et modèles) et de droits sur les signes distinctifs (marque, indications de provenance, appellation d'origine).

Enveloppe Soleau : Elle est accordée pour une durée de cinq ans et renouvelable une fois. Elle permet à l'innovateur, qui désire garder son innovation secrète ou achever sa mise au point, non seulement de se prévaloir de l'*exception personnelle* (Art. L. 613-7 du Code de la propriété industrielle) si un concurrent brevète la même innovation postérieurement mais aussi de faire valoir ses droits dans le cadre d'une action en revendication de propriété (Art. L. 611-8 du Code de la propriété industrielle).

Etat de la technique : Il regroupe toutes les informations accessibles au public avant la date de dépôt de la demande de brevet lorsque la nouveauté est discutée.

Firme déposante : Une entreprise est dite déposante lorsqu'elle déclare avoir déposé une ou plusieurs demandes de brevet au niveau, soit français, soit européen, soit américain, soit japonais.

Firme innovante : Une entreprise est qualifiée d'innovante lorsqu'elle déclare avoir développé ou introduit des produits ou des procédés technologiquement innovants sur la période considérée.

Invention : La loi ne définit pas la notion d'invention mais énonce une liste indicative de créations qui ne sont pas brevetables. Ne sont pas considérées comme des inventions les découvertes, les théories scientifiques et les méthodes mathématiques.

Invention d'application : Elle porte sur l'utilisation de moyens connus. Le résultat obtenu peut être connu en tant que tel. Toutefois, il ne doit pas avoir été obtenu par la mise en oeuvre du moyen considéré.

Invention de combinaison : Elle tient dans le rassemblement, en vue d'un résultat d'ensemble, des moyens qui n'avaient pas encore été réunis de la même manière.

Invention de moyen (procédé) : Le moyen se définit comme tout agent ou procédé qui, dans l'application qui lui est donnée, remplit une fonction en vue d'obtenir un résultat industriel. Le moyen peut être physique, chimique, mécanique, électronique, etc.

Invention de produits : Les produits industriels sont des objets caractérisés par leur constitution matérielle et procurant un résultat industriel.

Licence de brevet : Il s'agit d'un contrat par lequel le breveté concède l'exploitation de son droit à un licencié moyennant le versement d'une contrepartie. La licence *stricto sensu* se rattache aux articles 1709 et ss. du Code civil.

Licence croisée : Elle consiste en un contrat par lequel les firmes s'accordent mutuellement leurs droits de propriété tout en conservant le contrôle des technologies développées.

Licences de droits : Elles prennent la forme d'offres publiques d'exploitation de l'invention.

Licences autoritaires : Elles sont accordées par l'autorité administrative lorsqu'il y a défaut d'exploitation.

Licences de dépendance : Elles permettent au titulaire d'un brevet de perfectionnement d'exploiter son titre en passant outre l'accord du titulaire du brevet d'origine.

Licences octroyées par l'autorité administrative : Elles sont octroyées dans l'intérêt, soit de la santé publique, soit de l'économie nationale, soit de la défense nationale.

Public : Le public auquel l'invention est accessible se définit comme l'ensemble des personnes autres que le déposant qui n'est pas tenu au secret à propos des informations reçues.

Publication de la demande de brevet : Il y a publication de la demande de brevet dès lors qu'il y a mise à la disposition du public du dossier de la demande de brevet.

Revendications : Elles définissent l'objet de la protection demandée. Elles doivent être claires, concises et se fonder sur la description (Art. L. 612-6 du CPI).

Saisie-contrefaçon : Il s'agit d'une procédure spécifique qui, dans le respect des droits de celui qui va en faire l'objet, tend à offrir au breveté le moyen de démontrer qu'il est bel et bien victime de contrefaçon. Elle est visée par l'article 56 de la Loi de 1968 modifiée par la Loi du 26/11/1990, Art. 10 et organisée par le décret 69-190 du 15 février 1969.

Bibliographie

- Abel E.B., Dixit A.K., Eberly J.C. et R.S. Pindyck, 1996, « Options, the Value of Capital and Investment », *Quarterly Journal of Economics*, 111(3), août, 753-777.
- Aghion P. et P. Howitt, 1998, *Endogenous Growth Theory*, Cambridge, MIT Press, 694 p.
- Alary-Grall L., Le Goff G. et N. Rambaud, 1997, « Contrefaçon, comment se protéger ? », *Cahier Industries*, n° 30, sept, 11-21.
- Arora A., 1997, Patents, Licensing, and Market Structure in the Chemical Industry », *Research Policy*, 26, 391-403.
- Arrow K.J. et A.C. Fisher, 1974, « Environmental Preservation, Uncertainty, and Irreversibility », *Quarterly Journal of Economics*, 88(2), mai, 312-319.
- Bae H., 1993, « Patent and Entry Deterrence », *Economics Letters*, 41, 325-328.
- Baldwin C.Y. et R.F. Meyer, 1979, « Liquidity Preference Under Uncertainty : a Model of Dynamic Investment in Illiquid Opportunities », *Journal of Financial Economics*, 7, 347-374.
- Baldwin C.Y., 1982, « Optimal Sequential Investment When Capital Is Not Readily Reversible », *Journal of Finance*, 37(3), 763-783.
- Bancel F. et A. Richard, 1995, *Les choix d'investissement : Méthodes traditionnelles, flexibilité et analyse stratégique*, Economica, Gestion, Paris, 203 p.
- Baumol W., 1987, Indivisibilities, 793-795, in Eatwell J., Milgate M. et P. Newman (eds), *The New Palgrave : a Dictionary of Economics*, London, MacMillan Press.
- Beath J., Katsoulacos Y. et D. Ulph, 1989, « Strategic R&D Policy », *The Economic Journal*, 99, 74-83.
- Bernanke B.S., 1983, « Irreversibility, Uncertainty, and Cyclical Investment », *The Quarterly Journal of Economics*, février, 98, 85-106.
- Black F. et M. Scholes, 1973, « The Pricing of Options and Corporate Liabilities », *Journal of Political Economy*, 81, 637-659.
- Bohm P., 1975, « Option Demand and Consumer's Surplus : Comment », *American Economic Review*, 65, 733-736.
- Boyer M. et M. Moreaux, 1997, « Capacity Commitment versus Flexibility », *Journal of Economics & Management Strategy*, 6(2), été, 347-376.
- Bunch D.S. et R. Smiley, 1992, « Who Deters Entry ? Evidence on the Use of Strategic Entry Deterrents », *The Review of Economics and Statistics*, 508-521.
- Bussy J.C., Kabla I. et T. Lehoucq, 1994, « La protection technologique dans l'industrie, Entre brevet et secret : un choix stratégique », *Le 4 Pages des Statistiques Industrielles*, n° 34, mai.
- Cabon-Dhersin M.L., 1997, *Essai sur la logique économique de la coopération horizontale en R&D*, Thèse pour le Doctorat de Sciences économiques sous la direction de J.L. Rullière, Ecole Normale Supérieure de Cachan, janvier, 362p.
- Carpenter M., Marin F. et P. Woolf, 1983, « Validation Study : Patent Citations as Indicators of Science and Foreign Dependence », *World Patent Information*, 5(3), 180-185.

-
- Chang H.F., 1995, « Patent Scope, Antitrust Policy and Cumulative Innovation », *Rand Journal of Economics*, 26, 34-57.
- Cicchetti C.J., et A.M. Freeman, 1971, « Option Demand and Consumer Surplus : Further Comment », *Quarterly Journal of Economics*, 85, août, 528-539.
- Cohen W. et D. Levinthal, 1989, « Innovation and Learning : the two Faces of R&D », *The Economic Journal*, 99, 569-596.
- Cohen W. et D. Levinthal, 1990, « Absorptive Capacity : a New Perspective on Learning and Innovation », *Administrative Science Quarterly*, 35, 128-152.
- Cohendet P. et P. Llerena, 1989, *Flexibilité, Information et Décision*, Economica, Paris, 390 p.
- Cohendet P. et P. Llerena, 1989, « Flexibilités, risque et incertitude dans la théorie de la firme », 7-72, in Cohendet P. et P. Llerena (eds), 1989, *Flexibilité, Information et Décision*, Economica, Paris, 390 p.
- Cohendet P. et P. Llerena, 1990, « Nature de l'information, évaluation et organisation de l'entreprise », *Revue d'Economie Industrielle*, n° 51, 1^e trim., 141-165.
- Combe E., 1995, *Alliances entre firmes et course technologique*, Economica, Paris, 253 p.
- Conrad J.M., 1980, « Quasi-option Value and the Expected Value of Information », *Quarterly Journal of Economics*, 94, 813-820.
- Cooter R. et D.L. Rubinfeld, 1989, « Economic Analysis of Legal Disputes and their Resolution », *Journal of Economic Literature*, 27, septembre, 1067-1097.
- Cornelli F. et M. Schankerman, 1996, « Optimal Patent Renewals », Working Paper n° EI/13, London School of Economics.
- Crabbé P., 1986, « Options financières et opportunités intertemporelles d'investissement irréversible en incertitude », *L'actualité Economique, Revue d'Analyse Economique*, 62(4), déc., 579-596.
- Crampes C. et C. Langinier, 1998, « Information Disclosure in the Renewal of Patents », *Annales d'Economie et de Statistique*, n° 49/50, 265-288
- Crampes C., 1986, « Les inconvénients d'un dépôt de brevet pour une entreprise innovatrice », *L'Actualité Economique, Revue d'Analyse Economique*, 62(4), déc., 521-534.
- Crampes C., 1988, « Recherche – développement et cession de brevet », 159-186, in Gremaq A.A. (eds), *Dynamique, information incomplète, stratégies industrielles*, Economica, 277 p.
- Dasgupta P. et J. Stiglitz, 1980a, « Industrial Structure and the Nature of Innovative Activity », *Economic Journal*, 90, 266-293.
- Dasgupta P. et J. Stiglitz, 1980b, « Uncertainty, Industrial Structure and the Speed of R&D », *Bell Journal of Economics*, 11, 1-28.
- Dasgupta P., 1986, « The Theory of Technological Competition », 139-164, dans Binmore K. et P. Dasgupta (eds), *Economic Organization as Games*, Basil Blackwell, 219 p.
- Dasgupta P., 1988, *The Economic Theory of Technology Policy : An Introduction*, 7-23,

- dans Dasgupta P. et P. Stoneman (eds), *Economic Theory and Technology Policy*, Cambridge University Press.
- Dasgupta P., et P. Stoneman, 1987, *Economic Policy and Technological Performance*, Cambridge University Press, Cambridge, 243 p.
- De Fraja G., 1993, « Strategic Spillovers in Patent Races », *International Journal of Industrial Organization*, 11, 139-146.
- De Laat E., 1997, « Patent Policy and the Timing of Imitation », *Mimeo, Tinbergen Institute*, Erasmus University, Rotterdam.
- Deffains B., 1997, « Progrès scientifique et analyse économique des droits de propriété intellectuelle », *Revue d'Economie Industrielle*, n° 79, 1^e trim., 95-118.
- Delbono F., 1990, « An Asymmetric Race of R&D with Market Uncertainty », *Economic Notes*, 2, 297-302.
- Denant-Boemont L., 1996, *Les valeurs de la flexibilité dans le calcul économique public, Investissement et choix de systèmes techniques en transport collectif urbain*, Thèse pour le Doctorat de Sciences Economiques, sous la direction de A. Bonnafous, Université Lumière Lyon 2, Faculté de Sciences Economiques et de Gestion, janv., 410 p.
- Dixit A.K. et Pindyck R.S., 1994, *Investment Under Uncertainty*, Princeton University Press, Princeton New Jersey, 468 p.
- Dixit A.K. et Pindyck R.S., 1998, « Expandability, Reversibility, and Optimal Capacity Choice », *NBER Working Paper*, n° 6373, Cambridge, 28 p.
- Dixit A.K., 1980, « The Role of Investment in Entry Deterrence », *The Economic Journal*, 90, 95-106.
- Dixit A.K., 1989, « Entry and Exit Decisions Under Uncertainty », *Journal of Political Economy*, 97(3), 620-638.
- Dixit A.K., 1992, « Investment and Hysteresis », *Journal of Economic Perspectives*, 6(1), 107-132.
- Duguet E. et I. Kabla, 1998, « Appropriation Strategy and the Motivations to use the Patent System : an Econometric Analysis at the Firm Level in French Manufacturing », *Annales d'Economie et de Statistique*, n° 49/50, 289-327.
- Duguet E. et N. Lung, 1997, « R&D Investment, Patent Life and Patent Value », *Cahiers Eco & Maths, Working Paper* n° 97.36, avril, 1-25.
- Eaton B.C. et R.G. Lipsey, 1981, « Capital, Commitment and Entry Equilibrium », *Bell Journal of Economics*, 12(2), 593-604.
- Favereau O., 1982, *Risques, Irréversibilités et Fondements de l'Analyse Coût-Avantage*, Thèse pour le Doctorat de 3^e cycle en Finances Publiques, sous la Direction de P. Llau, Université de Paris X Nanterre, juin.
- Favereau O., 1989, Valeur d'option et flexibilité : de la rationalité substantielle à la rationalité procédurale, 12-182, dans Cohendet P. et P. Llerena (eds), 1989, *Flexibilité, Information, Décision*, Economica, Paris, 390 p.
- François J.P. et F. Favre, 1998, « L'innovation technologique progresse dans l'industrie », *Le 4 Pages des Statistiques Industrielles*, n° 89, avril.

-
- François J.P. et T. Lehoucq, 1994, « La contrefaçon dans l'industrie, 30 000 emplois détruits », *Le 4 Pages des Statistiques Industrielles*, n° 42, octobre.
- François J.P. et T. Lehoucq, 1998, « Les entreprises face à la propriété industrielle », *Le 4 Pages des Statistiques Industrielles*, n° 86, février.
- Freixas X. et J.J. Laffont, 1984, « On the Irreversibility Effect », chap 7, 104-114, dans Boyer M. et R.E. Kihlstrom, *Bayesian Models in Economic Theory*, Elsevier Science Publisher B.V., Amsterdam, North Holland.
- Fudenberg D., Gilbert R., Stiglitz J., et J. Tirole, 1983, « Preemption, Leapfrogging and Competition in Patent Races », *European Economic Review*, 22, 3-31.
- Gaffard J.L., 1990, *Economie Industrielle*, Dalloz, Paris.
- Galiègue X., 1996, « Irréversibilité de l'investissement et valeur d'option », *Revue d'Economie Politique*, 106(5), 843-863.
- Gallini N.T. et D. Wright, 1990, « Technology Transfer Under Asymmetric Information », *Rand Journal of Economics*, 21(1), printemps, 147-160.
- Gallini N.T. et S. Winter, 1985, « Licensing in the Theory of Innovation », *Rand Journal of Economics*, 16(2), été, 237-253.
- Gallini N.T., 1984, Deterrence by Market Sharing : a Strategic Incentive for Licensing », *The American Economic Review*, 74(5), 930-941.
- Gal-Or E., 1987, « First Mover Disadvantages with Private Information », *Review of Economic Studies*, 56, 279-292.
- Gilbert R. et C. Shapiro, 1990, « Optimal Patent Length and Breadth », *Rand Journal of Economics*, 21(1), printemps, 106-112.
- Gilbert R.J. et C. Shapiro, 1990, « Optimal Patent Length and Breadth », *Rand Journal of Economics*, 21, 106-112.
- Gilbert R.J. et D.M. Newberry, 1982, « Preemptive Patenting and the Persistence of Monopoly », *The American Economic Review*, 72(3), 515-526.
- Gilbert R.J. et D.M. Newberry, 1984, « Preemptive Patenting and the Persistence of Monopoly : Reply », *The American Economic Review*, 74(1), 251-253.
- Gilbert R.J., 1986, « Pre-emptive Competition », 90-125, in Stiglitz J.E. et G.F. Mathewson (eds), *New Developments in the Analysis of Market Structure*, Mac Millan Press, 559 p.
- Gilbert R.J., 1989, « Mobility Barriers and the Value of Incumbency », 476-535, in Schmalensee R. et R. Willig (eds), *Handbook of Industrial Organization*, vol 1, Elsevier Science Publishers, BV Amsterdam North Holland, 947 p.
- Ginarte J. et W. Park, 1997, « Determinants of Patent Rights : a Cross-national Study », *Research Policy*, 26, 283-301.
- Ginarte J.C. et W.G. Park, 1997, « Determinants of Patent Rights : A Cross-national Study », *Research Policy*, 26, 283-301.
- Gould J.P., 1974, « Risk, Stochastic Preference and the Value of Information », *Journal of Economic Theory*, 8, 337-360.
- Graham D.A., 1981, « Cost-benefit Analysis Under Uncertainty », *American Economic Review*, 71, 715-725.

- Grenadier S.R. et A.M. Weiss, 1997, « Investment in Technological Innovations : an Option Pricing Approach », *Journal of Financial Economics*, 44, 397-416.
- Grindley P. et D. Teece, 1997, « Managing Intellectual Property : Licensing and Cross-licensing in Semiconductors and Electronics », *California Management Review*, 39(2), hiver.
- Grossman G.M. et C. Shapiro, 1985, « Optimal Dynamic R&D Programs », *Rand Journal of Economics*, 17, 581-593.
- Grossman G.M. et C. Shapiro, 1987, « Dynamic R&D Competition », *The Economic Journal*, 97, 372-387.
- Guesnerie R. et J. Tirole, 1985, L'économie de la recherche & développement : Introduction à certains travaux théoriques », *Revue Economique*, 5, 843-871.
- Guignard P., 1994, *Les stratégies publiques de la recherche*, Thèse de Doctorat pour le doctorat de Sciences Economiques sous la direction d'A. Richard, Université Pierre Mendès France, UFR Développement, Gestion économique et Sociétés, 467 p.
- Guillaume H., 1998, *Rapport de Mission sur la Technologie et l'Innovation*, Ministère de l'Education Nationale, de la Recherche et technologie, Ministère de l'Economie, Finances et de l'Industrie, 266p.
- Harabi N., 1997, « Les facteurs déterminants de la R&D », *Revue Française de Gestion*, 114, juin-juillet-août, 39-51.
- Harris C. et J. Vickers, 1983, « Perfect Equilibrium in a Model of a Race », Mimeo, cité par Guesnerie R. et J. Tirole, 1985, L'économie de la recherche & développement : Introduction à certains travaux théoriques », *Revue Economique*, 5, 843-871.
- Harris C. et J. Vickers, 1987, « Racing with Uncertainty », *Review of Economic Studies*, 56, 1-21.
- Hart A.G., 1937, « Anticipation, Business planning », *Quarterly Journal of Economics*, février, 273-297.
- Hart A.G., 1949, « Risk, Uncertainty and the Unprofitability of Compounding Probabilities, 110-118, dans Lange O., Mc Intyre F. et T.O. Yntema (eds), *Studies in Mathematical Economics and Econometrics*, University of Chicago Press.
- Hartwick J.M., 1991, « Patent Races Optimal with Respect to Entry », *International Journal of Industrial Organization*, 9, 197-207.
- Hause J.C., 1989, « Indemnity, Settlement and Litigation, or, I'll Be Suit You », *Journal of Legal Studies*, janvier, 18(1), 157-179.
- Henry C., 1974a, « Investment Decisions Under Uncertainty : the « Irreversibility Effect » », *American Economic Review*, 61(6), 1006-1012.
- Henry C., 1974b, « Option Values in the Economics of Irreplaceable Assets », *Review of Economic Studies*, 89-104.
- Henry C., 1993, « Flexibilité et dissuasion dans un contexte de concurrence imparfaite », *Revue Economique*, 44(5), 913-924.
- Jacquier-Roux V., 1994, « De l'indivisibilité à la divisibilité de la R&D industrielle », *Revue d'Economie Industrielle*, 68(2), 43-59.
- Jones R.A. et J.M. Ostroy, 1984, « Flexibility and Uncertainty », *Review of Economic*

- Studies*, 6, 13-32.
- Kabla I., 1994, « Un indicateur de l'innovation : le brevet », *Economie et Statistique*, n°275-276, 5/6, 95-109.
- Kabla I., 1994, *Le choix de breveter*, INSEE, Paris.
- Kamien M.I., 1992, Patent Licensing, chap 11, 331-354, in Aumann R.J. et S. Hart (eds), *Handbook of Game Theory*, vol 1, Elsevier Science Publishers, BV Amsterdam North Holland, 733 pp.
- Katz M.L. et Shapiro C., 1985, « On the Licensing of Innovations », *Rand Journal of Economics*, 16(4), 504-520.
- Kay N., 1988, « The R&D Function : Corporate Strategy and Structure », 282-294, in Dosi G., Freeman C., Nelson R., Silverberg G. et L. Soete (eds), *Technical Change and Economic Theory*, Printer Publishers, London and New York, 236 p.
- Kester C., 1984, « Today's Options for Tomorrow's Growth », *Harvard Business Review*, mars-avril.
- Klemperer P., 1990, « How Broad Should the scope of Patent Protection be ? », *Rand Journal of Economics*, 21(1), printemps, 113-130.
- Kulatilaka N. et E. Perotti, 1992, « Strategic Investment Timing Under Uncertainty », *Working Paper*, Boston University.
- La Manna M., R. Macleod et D. De Meza, 1989, « The Case for Permissive Patents », *European Economic Review*, 33, 1427-1443.
- Laffont J.J., 1991, *Economie de l'incertain et de l'information*, vol. 2 du Cours de Théorie Micro-économique, Economica, Paris, 306 p.
- Langinier C., 1997, *Analyse économique des Brevets dans les Entreprises*, Thèse de Doctorat en Sciences économiques, sous la direction de C. Crampes, septembre, Université des Sciences Sociales de Toulouse, 261 pp.
- Lanjouw J. et J. Lerner, 1996, « Preliminary Injunctive Relief : Theory and Evidence from Patent Litigation », *NBER Working Paper 5689*, juin, 1-42.
- Lanjouw J. et J. Lerner, 1997, « The Enforcement of Intellectual Property Rights : a Survey of the Empirical Literature », *NBER Working Paper 6296*, décembre, 1-29.
- Lanjouw J. et M. Schankerman, 1997, « Stylized Facts of Patent Litigation : Value, Scope and Ownership », *NBER Working Paper 6297*, décembre, 1-40.
- Lanjouw J.O., 1993, « Patent Protection : Of What Value and for How Long ? », *NBER Working Paper*, n° 4475.
- Lanjouw J.O., 1994, « Economic Consequences of a Changing Litigation Environment : The Case of Patents », *NBER Working Paper* n° 4835.
- Lanjouw J.O., Pakes A. et J. Putman, 1996, « How to Count Patents and Value Intellectual Property : Uses of Patent Renewal and Application Data », *NBER Working Paper Series, Working Paper 5741*, septembre, 31 p.
- Lecostey S., 1994, « Concurrence stratégique et incertitude : la valeur stratégique de la flexibilité », *Revue Economique*, 45(6), 1443-1458.
- Lee T. et L. Wilde, 1980, « Market Structure and Innovation: a Reformulation », *Quarterly Journal of Economics*, 94(2), pp. 429-436.

- Lerner J., 1995a, « The Importance of Trade Secrecy : Evidence from Civil Litigation », *Working Paper*, Harvard University.
- Lerner J., 1995b, « Patenting in the Shadow of Competitors », *Journal of Law and Economics*, 38, 463-496.
- Levin R. et Reiss P., 1988, « Cost-Reducing and Demand-Creating R&D with Spillovers », *Rand Journal of Economics*, 19(4), 538-556.
- Levin R., 1986, « A New Look at the Patent System », *The American Economic Review*, 76(2), mai, 199-202.
- Levin R., Klevorick A., Nelson R. et S. Winter, 1987, « Appropriating the Returns from Industrial Research and Development », *Brookings Papers on Economic Activity*, 3, 783-831.
- Licht G. et K. Zoz, 1998, « Patents and R&D, An Econometric Investigating Using, Applications for German, European and US Patents by German Companies », *Annales d'Economie et de Statistique*, n° 49/50, 329-360
- Liotard I., 1999, « Les droits de propriété intellectuelle, une nouvelle arme stratégique des firmes », *Revue d'Economie Industrielle*, 89, 3^e trim, 69-84.
- Lippman S. et K. McCardle, 1987, « Dropout Behavior in R&D Races with Learning », *Rand Journal of Economics*, 18(2), 287-295.
- Lippman S.A. et K.F. McCardle, 1988, « Preemption in R&D Races », *European Economic Review*, 32(8), octobre, 1661-1669.
- Llerena P. et E. Zuscovitch, 1987, « Valeur d'option et structure de marchés, Le cas du quasi-monopole », *Economie Appliquée*, tome 40(1), 97-113.
- Llerena P. et M. Willinger, 1989, Préférences pour la flexibilité et fondements de la décision, 73-102, dans Cohendet P. et P. Llerena, 1989, *Flexibilité, Information, Décision*, Economica, Paris, 390 p.
- Llerena P., 1985, *Décision avec incertitude et irréversibilité : Fondements de la théorie de la valeur d'option et application aux investissements productifs*, Thèse de Doctorat d'État ès Sciences Economiques sous la direction de J.P. Fitoussi, Université Louis Pasteur, Strasbourg, 493 p.
- Llerena P., 1987, « Décisions temporairement irréversibles : un modèle de valeur d'option relative », *Revue d'Economie Politique*, 97(5), septembre octobre, 613-630.
- Loury G., 1979, « Market Structure and Innovation », *Quarterly Journal of Economics*, 93(3), 395-410.
- Lund D., 1991, « Financial and Non-financial Option Valuation », 143-163, dans Lund D. et B. Økandal (eds), *Stochastic Models and Option Value*, Elsevier Science Publishers B.V., North Holland, 301 p.
- Macho-Stadler I. et D. Pérez-Castrillo, 1991, « Contrats de licences et asymétrie d'information », *Annales d'Economie et de Statistique*, 24, octobre décembre, 189-208.
- Macho-Stadler I., Martinez-Giralt X. et J.D. Pérez-Castrillo, 1996, « The Role of Information in Licensing Contract Design », *Research Policy*, 25, 43-57.
- Mansfield E., Schwartz M. et S. Wagner, 1981, « Imitation Costs and Patents : an

-
- Empirical Study », *The Economic Journal*, 91, décembre, 907-918.
- Martin J.P., 1996, « Brevet d'invention et contrefaçon », *La lettre des conseils en propriété industrielle*, n° 14, sept.
- Matutes C., Regibeau P. et K. Rockett, 1992, « Optimal Patent Design and the Diffusion of Innovations », *Rand Journal of Economics*, 27(1), printemps, 60-83.
- McDonald R. et D. Siegel, 1986, « The Value of Waiting to Invest », *Quarterly Journal of Economics*, 101, 707-727.
- Merton R.C., 1973, « The Theory of Rational Option Pricing », *Bell Journal of Economics and Management Science*, 4, printemps, 141-183.
- Michel J., 1994, « Brevets : enjeux et stratégies », *Annales des Mines*, juillet-août, 93-96.
- Munier F., 1999, « Les compétences pour innover dans l'industrie, Avantages comparés des tailles d'entreprises : une vérification empirique », *Le 4 Pages des statistiques industrielles*, n° 120, octobre.
- Myers S.C., 1977, « Determinants of Corporate Borrowing », *Journal of Financial Economics*, 5, 147-175.
- Myers S.C., 1987, « Finance Theory and Financial Strategy », *Midland Corporate Finance Journal*, printemps, 6-13.
- O'Donoghue T., 1995, « A Patentability Requirement for Sequential Innovation », *Rand Journal of Economics*, 29(4), hiver, 654-679.
- O'Donoghue T., Scotchmer S. et J.F. Thisse, 1998, « Patent Breadth, Patent Life and the Pace of Technological Progress », *Journal of Economics & Management Strategy*, 7(1), printemps, 1-32.
- Ordover J.A., 1991, « A Patent System for both Diffusion and Exclusion », *Journal of Economics Perspectives*, 5(1), hiver, 43-60.
- Pakes A., 1985, « On Patents, R&D, and the Stock Market Rate of Return », *Journal of Political Economy*, 93(21), 390-409.
- Pakes A., 1986, « Patents as Options : some Estimates of the Value of Holding European Patent stocks », *Econometrica*, 54(4), juillet, 755-784.
- Pérez-Castrillo J.D. et T. Verdier, 1991, « La structure industrielle dans une course au brevet avec coûts fixes et coûts variables », *Revue Economique*, n° 6, novembre, 1111-1140.
- Perloff J.M. et D.L. Rubinfeld, 1987, « Settlements in Private Antitrust Litigation », 149-184, dans Salop S. et L. White (eds), *Private Antitrust Litigation*, Cambridge, MIT Press.
- Petit M.L. et B. Tolwinski, 1999, « R&D Cooperation or Competition ? », *European Economic Review*, 43, 185-208.
- Pindyck R.S., 1988, « Irreversible Investment, Capacity Choice, and the Value of the Firm », *American Economic Review*, 78(5), décembre, 969-985.
- Pindyck R.S., 1991a, Irreversibility and the Explanation of Investment Behavior, 128-141, in Lund D. et B. Øksendal (eds), *Stochastic Models and Option Values*, Elviesier Science Publishers BV, Amsterdam North Holland, 301p.

- Pindyck R.S., 1991b, « Irreversibility, Uncertainty, and Investment », *Journal of Economic Literature*, 29, 1110-1148.
- Pindyck R.S., 1993, « A Note on Competitive Investment under Uncertainty », *American Economic Review*, 83, mars, 273-277.
- Ping Lin, 1997, « Licence to be more Innovative », *Review of Industrial Organization*, 12, 271-278.
- Priest G.L. et B. Klein, 1984, « The Selection of Disputes for Litigation », *Journal of Legal Studies*, janvier, 13(1), 1-55.
- Ramphft C., 1998, *Le rôle des brevets et des normes dans l'innovation et l'emploi*, Conseil Economique et Social, Avis et rapports, Les éditions des Journaux Officiels, n° 11, juin, 317 p.
- Ravid S.A. et E. Zuscovitch, 1989, « A propos des options technologiques », chap. 7, 227-133, dans Cohendet P. et P. Llerena (eds), 1989, *Flexibilité, Information et Décision*, Economica, Paris, 390 p.
- Reinganum J., 1981, « Dynamic Games of Innovation », *Journal of Economic Theory*, 25, 21-41.
- Reinganum J., 1983, « Uncertain Innovation and the Persistence of Monopoly », *American Economic Review*, 73(4), 741-748.
- Reinganum J., 1984, « Uncertain Innovation and the Persistence of Monopoly : Reply », *American Economic Review*, 74(1), 243-246.
- Reinganum J., 1985, « A Two-Stage Model of Research and Development With endogenous Second-Mover Advantages », *International Journal of Industrial Organization*, 3, 275-292.
- Reinganum J., 1989, « The Timing of Innovation : Research, Development, and Diffusion », chap. 14, 849-908, dans Schmalensee R. et R.D. Willig (eds), *Handbook of Industrial Organization*, vol 1, Elsevier Science Publisher, B.V., 947 p.
- Reiss A., 1998, « Investment in Innovation and Competition : an Option Pricing Approach », *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 38, Special Issue, 635-650.
- Richard A., 1982, « Eléments de synthèse entre valeur actualisée et délai de récupération : l'effet irréversibilité », *Revue d'Economie Politique*, 92(1), 1-15.
- Richard A., 1984, « La demande de monnaie : une synthèse fondée sur l'irréversibilité et le risque », *Revue d'Economie Politique*, 94(2), 202-225.
- Richard A., 1989, « Quelques applications financières de la valeur d'option : Structure des taux d'intérêt et actifs conditionnels », 199-224, dans Cohendet P. et P. Llerena (eds), 1989, *Flexibilité, Information et Décision*, Economica, Paris, 390 p.
- Rockett K.E., 1990, « Choosing the Competition and Patent Licensing », *Rand Journal of Economics*, 21(1), printemps, 161-171.
- Rosen M., 1992, « Texas Instrument's 250 Million-a-Year Profit Center », *American Law*, 14, mars, 56-63.
- Rostoker M., 1984, « A Survey of Corporate Licensing », *IDEA*, 24, 59-92, cité par Kamien M.I., 1992, Patent Licensing, chap 11, 331-354, dans Aumann R.J. et S. Hart

-
- (eds), *Handbook of Game Theory*, vol 1, Elsevier Science Publishers, BV Amsterdam North Holland, 733 pp.
- Schankerman M. et A. Pakes, 1984, « The Rate of Obsolescence of Patents, Research Gestation Lags, and the Private Rate of Return to Research Ressources », dans Griliches Z. (ed), *R&D, Patents and Productivity*, NBER Conference Series, Chicago : the University of Chicago Press.
- Schankerman M. et A. Pakes, 1985, « Valeur et obsolescence des brevets : Une analyse des statistiques de renouvellement des brevets européens », *Revue Economique*, 5, septembre, 917-940.
- Schankerman M. et A. Pakes, 1986, « Estimates of the Value of Patent Rights in European Countries During the Post-1950 Period », *The Economic Journal*, 96, décembre, 1052-1076.
- Schankerman M., 1991, « Les statistiques sur les renouvellements de brevets : Un moyen pour mesurer la valeur de la protection par le brevet ainsi que la production de l'activité inventive », *Science, Technologie et Industrie*, 8, 107-132.
- Schankerman M., 1998, « How valuable is Patent Protection ? Estimates by Technology Field », *Rand Journal of Economics*, 39(1), printemps, 77-107.
- Schmalensee R., 1972, « Option Demand and Consumer's Surplus : Valuing Price Changes Under Uncertainty », *American Economic Review*, 62, 814-824.
- Scotchmer S. et J. Green, 1990, « Novelty and Disclosure in Patent Law », *Rand Journal of Economics*, 21(1), 131-147.
- Scotchmer S., 1991, « Standing on the Shoulders of Giants : Cumulative Research and Patent Law », *Journal of Economic Perspectives*, 5, 29-41.
- Scotchmer S., 1999, « On the Optimality of the Patent Renewal System », *Rand Journal of Economics*, 30(2), été, 181-196.
- Segal I., 1999, « Contracting with Externalities », *The Quarterly Journal of Economics*, 64, mai, 337-388.
- Shapiro C., 1985, « Patent Licensing and R&D Rivalry », *American Economic Review, Papers and Proceedings*, 75(2), mai, 25-30.
- Shepard A., 1987, « Licensing to Enhance Demand for New Technologies », *Rand Journal of Economics*, 18(3), 360-368.
- Smiley R., 1988, « Empirical Evidence on Strategic Entry Deterrence », 6, *International Journal of Industrial Organization*, 167-180.
- Smit H.T., 1995, « The Flexibility Value of Strategic Investments Under Competition », chap 16, 240-253, dans Ghosh D.K. et S. Khaksari (eds), *New Directions in Finance*, Routledge, 287 p.
- Smith K, 1976, « Option Pricing : a Review », *Journal of Financial Economics*, 3, 3-51.
- Smith K, 1983, « Option Value : a Conceptual Overview », *Southern Economic Journal*, janvier, 654-668.
- Spencer B.J. et J.A Brander., 1992, « Pre-commitment and Flexibility », *European Economic Review*, 36, 1601-1626.
- Spier K., et D. Spulber, 1993, « Pretrial Bargaining under Asymmetric Information : the

- Machanisme design Approach », cité par Lanjouw J., et J. Lerner, 1997, « The Enforcement of Intellectual Property Rights : a Survey of the Empirical Literature », *NBER Working Paper 6296*, décembre, 1-29.
- Stiglitz J.E., 1985, « Information and Economic Analysis : a Perspective », *Economic Journal*, supplement, 95, p. 21.
- Tableau de bord de l'innovation*, 2000, 3^e édition, avril.
- Trajtenberg M., 1990, « A Penny for Your Quotes : Patent Citations and the Value of Innovations », *Rand Journal of Economics*, 21(1), 172-187.
- Treich N., 1997, *Economie de l'incertain : Analyse de la précaution*, Thèse de Doctorat de Sciences Economiques sous la direction de C. Gollier, Université de Sciences Sociales de Toulouse, décembre, 182 p.
- Trigeorgis L., 1986, « Valuing Real Investment Opportunities : an Options Approach to Strategic Capital Budgeting », *Unpublished Doctoral Dissertation*, Harvard University.
- Trommeter M., 1993, *Rationalisation économique de la conservation des ressources génétiques végétales*, Thèse pour le Doctorat de Sciences Economiques sous la direction A. Richard, Université P.M. France, UFR de Sciences Economiques de Grenoble, 319p.
- Van Dijk T., 1996, « Patent Height and Competition in Product Improvements », *The Journal of Industrial Economics*, vol. 44(2), juin, 151-167.
- Vickers J., 1985, « Pre-emptive Patenting, Joint Ventures, and the Persistence of Monopoly », *International Journal of Industrial Organization*, 3, 261-273.
- Vives X., 1989, « Technological Competition, Uncertainty, and Oligopoly », *Journal of Economic Theory*, 48, 386-415.
- Waldfoegel J., 1995, « The Selection Hypothesis and the Relationship between Trial and Plaintiff Victory », *Journal of Political Economy*, 103(2), 229-260.
- Waterson M. et N. Ireland, 1998, « An Auction Model of Intellectual Property Protection : Patent Versus Copyright », *Annales d'Economie et de Statistique*, n° 49/50, 247-264.
- Waterson M., 1990, « The Economics of Product Patents », *American Economic Review*, 80(4), septembre, 860-869.
- Weisbrod B.A., 1964, « Collective Consumption Services of Individual Consumption Goods », *Quarterly Journal of Economics*, 78(3), août, 471-477.
- Willinger M. et E. Zuscovitch, 1993, « Efficience, irréversibilités et constitution des technologies », *Revue d'Economie Industrielle*, n° 65, 3^e trim., 7-22.
- Willinger M., 1989, « Flexibilité et valeur de l'information », chap. 3, 103-120, dans Cohendet P. et P. Llerena (eds), 1989, *Flexibilité, Information et Décision*, Economica, Paris, 390 p.
- Wright B.D., 1983, « The Economics of Invention Incentives : Patents, Prizes and Research Contracts », *American Economic Review*, 73, 691-707.
- Yildizoglu M., 1994, « Investissement stratégique, incertitude et effet d'irréversibilité », *Annales d'Economie et de Statistique*, 35, juillet-août, 87-106.