

Recherche et développement

Armel JACQUES*

4 janvier 2015

Contents

1	Introduction	4
2	Choix de R&D	4
2.1	Réduction de coût	4
2.1.1	Effet stratégique de la R&D	4
2.1.2	Polarisation et <i>shake-out</i>	5
2.1.3	R&D et localisations	7
2.2	Innovation de produit	7
2.2.1	Degré de différenciation des produits	7
2.2.2	Choix du niveau de risque	9
2.3	Persistence des monopoles ?	9
2.3.1	Gilbert et Newbery (1982)	9
2.3.2	Reinganum (1983)	11
2.3.3	La firme en place joue en premier	13
2.4	Concurrence et incitation à innover	14
2.4.1	Réduction de coût et concurrence à la Cournot	15
2.4.2	Innovation pas à pas	15
2.4.3	Firmes multiproduits	19
2.4.4	Profits relatifs et réduction de coût	20
2.4.5	Augmentation de la qualité et nombre de firmes	22
2.4.6	Possibilité de vendre l'innovation	22
2.5	Imitation	24
3	Course au brevet	25
3.1	Modèles sans mémoire	25
3.1.1	Loury (1979)	25
3.1.2	Lee et Wilde (1980)	29
3.1.3	Choix séquentiel	30
3.1.4	Le vainqueur ne prend pas tout	30
3.1.5	L'impact de l'endettement des firmes	31
3.1.6	Choix de projets	32
3.2	Modèles avec accumulation d'expérience	34

*CEMOI, Université de La Réunion, Faculté de Droit et d'Economie, 15, avenue René Cassin, 97715 Saint-Denis messag cedex 9. Email : Armel.Jacques@univ-reunion.fr.

4	Spillovers et accords de coopération	34
4.1	d'Aspremont et Jacquemin (1988)	35
4.1.1	Hypothèses	35
4.1.2	Résultats	35
4.1.3	Généralisation	38
4.1.4	Spillovers asymétriques et timing du jeu	40
4.1.5	Spillovers domestiques et internationaux	41
4.2	Joint venture	42
4.2.1	Comparaison des différents types de <i>joint venture</i>	42
4.2.2	Exploitation commune des résultats de la R&D	43
4.2.3	Différences entre KMZ et AJ	44
4.2.4	Participation endogène	46
4.3	Efforts asymétriques	49
4.4	One-way spillovers	50
4.5	Coopération et course au brevet	52
4.6	Lien avec la concurrence sur le marché des biens	52
4.7	Intervention publique	53
4.8	Partage des coûts	54
5	Spillovers endogènes	55
5.1	Echange d'information	55
5.1.1	Choix du niveau des spillovers	55
5.1.2	Joint-Venture et échange d'information	55
5.1.3	Choix d'organisation des RJV	57
5.1.4	Echange d'information et jeux répétés	59
5.2	Capacités d'absorption	62
5.2.1	Comparaison avec le modèle de AJ	64
5.2.2	Implications de politique économique	65
5.3	Cassiman et alii	66
5.4	Choix de localisation et <i>spillovers</i>	67
5.4.1	Spillovers internes et externes	67
5.4.2	Distance et incitation à partager les connaissances	69
5.4.3	Spillovers dans un modèle à la Hotelling	71
6	Contrats de licence	72
6.1	Incitations à concéder une licence et à innover	72
6.1.1	Incitation à concéder une licence dans un duopole	72
6.1.2	Stratégie de concessions dans un oligopole	74
6.1.3	Timing des innovations	75
6.1.4	Réduire la R&D des firmes concurrentes	77
6.2	Design des accords de licence	78
6.2.1	Paiement fixe vs royalties	78
6.2.2	Combinaison de paiement fixe et de <i>royalties</i>	80
6.2.3	<i>Royalties</i> vs prise de participation	82
6.2.4	<i>Royalties</i> par unité ou <i>ad valorem</i>	84
6.2.5	Durée des accords de licence	84
6.3	Asymétrie d'information	86
6.4	Plusieurs brevets	86
6.4.1	Regroupement de brevets	86
6.4.2	Prix des licences et entrée	91
7	Vendre une innovation	93
7.1	Décrire ou non l'innovation avant la vente	94
7.2	Certification extérieure	95

8	Intervention publique	99
8.1	Quelles formes d'incitations pour la recherche ?	99
8.2	Subventions	101
8.3	Politique de la concurrence	103
8.3.1	Restriction à l'entrée et innovation	103
8.3.2	Position dominante	106
8.3.3	Collusion et innovation	107
8.3.4	Contrôle des accords de coopération en R&D	108
9	Caractéristiques optimales des brevets	110
9.1	Innovation unique	110
9.2	Innovations cumulatives	112
9.3	Degré de validité des brevets	118
9.4	Propriété intellectuelle du vivant	119
10	Gestion des brevets	119
10.1	Breveter ou non une innovation	120
10.1.1	Signaler un coût faible ou cacher sa technologie	120
10.1.2	Corrélation des projets de recherche	122
10.2	Faire respecter un brevet	122
10.2.1	Licence ou procès pour invalider un brevet	122
10.2.2	Poursuivre ou non une infraction à un brevet	124
10.2.3	Effort de détection des infractions à un brevet	125
10.2.4	Contentieux endogènes	127
10.3	Organisation et contrôle des contentieux	129
10.3.1	Contrôle des arbitrages par l'autorité de la concurrence	129
10.3.2	Contrôle ex ante ou ex post de la validité des brevets	131
10.3.3	Organisation des procédures et temps de résolution	133
11	Organisation des contrats de coopération	135
11.1	Contrats incomplets et management de l'innovation	135
11.2	Clause de terminaison et "contractibilité"	137
12	Etudes empiriques	140
12.1	Concurrence et innovation	140
12.2	Intégration verticale et innovation	143
12.3	Effets d'une entrée sur l'innovation des firmes en place	144
12.4	R&D et structure financière	145
13	Conclusion	146

1 Introduction

2 Choix de R&D

2.1 Réduction de coût

2.1.1 Effet stratégique de la R&D

Concurrence à la Cournot : Brander et Spencer (1983) comparent les résultats obtenus dans deux modèles de duopoles, différant par leur timing. Dans le premier modèle, les deux firmes choisissent simultanément leur niveau de R&D, puis observent le choix de leur concurrente, avant de se livrer une concurrence en quantités à la Cournot. Dans le second modèle, les firmes choisissent simultanément leur niveau de R&D et leur niveau de production.

Les auteurs montrent que les niveaux de R&D choisis sont plus élevés dans le premier modèle que dans le second. La R&D a un effet stratégique. Chacune des firmes augmente son niveau de R&D afin de réduire son coût marginal de production et s'engage ainsi à produire plus en seconde période, ce qui incite sa concurrente à produire moins. Cet effet stratégique n'existe pas dans le second modèle où le niveau de R&D est choisi uniquement de façon à minimiser les coûts de production. La première période du premier modèle a une structure de dilemme de prisonnier. Chacune des firmes augmente sa R&D pour essayer de se créer un avantage stratégique, mais cet avantage est éliminé par l'effort de R&D supplémentaire de l'autre firme. Les coûts marginaux des firmes sont plus faibles dans le premier modèle, ce qui se traduit par des niveaux de production plus élevés, des prix plus faibles et des profits plus faibles pour les firmes, mais un surplus plus élevé pour les consommateurs.

L'effet stratégique de la R&D sur le surplus social est a priori ambigu. Cet effet pousse les firmes à produire plus, ce qui augmente le surplus social, mais les coûts des firmes ne sont pas minimisés, ce qui réduit le surplus social. Les auteurs avancent que les effets bénéfiques semblent l'emporter le plus souvent. Notamment, si les biens produits par les firmes sont homogènes et si la demande est linéaire ou convexe, alors le surplus social est plus élevé dans le premier modèle.

Les auteurs comparent aussi les niveaux de R&D obtenus dans le premier modèle et les niveaux de R&D de l'optimum du second rang¹. Dans le cas où les biens sont homogènes et les coûts marginaux des firmes constants, les firmes choisissent des niveaux de R&D trop élevés lorsque la fonction de demande est concave, trop faibles lorsque la fonction de demande est convexe et identiques aux niveaux de l'optimum de second rang lorsque la fonction de demande est linéaire.

Concurrence à la Bertrand : Dixon (1985) : concurrence en prix et sous-investissement en R&D.

¹Dans lequel le planificateur contrôle les efforts de R&D, mais ne peut pas influencer directement les niveaux de production des firmes.

Comparaison des deux modes de concurrence : Lin et Saggi (2004)

2.1.2 Polarisation et *shake-out*

Amir, Halmenschlager et Jin (2011) reprennent l'architecture générale du modèle de Brander et Spencer (1983) [BS] et de d'Aspremont et Jacquemin (1988) [AJ] mais en changeant la fonction de coût de la R&D. La fonction de profit des firmes, qui était concave dans les modèles précédents, devient convexe. Cela implique que les firmes ne choisissent plus des niveaux de R&D intérieurs mais des niveaux extrêmes : soit 0, soit le maximum possible. Pour certaines valeurs des paramètres, le modèle génère des solutions asymétriques.

Comme les modèles précédents, le modèle comprend deux étapes. Lors de la première étape, les deux firmes choisissent simultanément leur effort de R&D : x_i . La R&D permet de réduire le coût marginal des firmes. Ce dernier est égal à : $c - x_i$. Lors de la seconde étape, les firmes se livrent une concurrence en quantités à la Cournot. Les firmes produisent des biens homogènes. La fonction de demande inverse est égale à $p = a - bQ$. Ce qui différencie ce modèle de celui de BS et AJ est la fonction de coût de la R&D. AJ suppose que cette fonction de coût est égale à $C(x_i) = \gamma x_i^2$ avec γ suffisamment grand. Avec cette fonction, le coût marginal de la R&D en $x_i = 0$ est nul. Ce qui implique que les firmes ne choisissent jamais $x_i = 0$. γ suffisamment grand implique que les firmes ne choisissent jamais une valeur de x_i suffisamment grande pour annuler le coût de production unitaire. Les hypothèses sont donc faites pour assurer une solution intérieure. Amir, Halmenschlager et Jin (2011) supposent que le coût de la R&D est égal à : $C(x_i) = \gamma x_i^2 + \theta x_i$ avec γ suffisamment petit ($\gamma < \frac{4}{9b}$). Le coût marginal de la R&D en $x_i = 0$ est égal à $\theta > 0$. Il devient donc possible qu'une firme choisisse $x_i = 0$ pour certaines valeurs des paramètres. En outre, comme γ est petit, le coût marginal de la R&D augmente lentement et il devient possible que les firmes choisissent à l'équilibre une valeur de x_i qui annule le coût unitaire de production. En fait, les auteurs montrent que la fonction de profit d'une firme à l'étape 1 est une fonction convexe de x_i . Les firmes vont donc nécessairement choisir une valeur extrême de x_i , soit 0 soit la valeur qui annule le coût unitaire de production.

Les auteurs commencent par étudier le cas : $a \geq 2c$. Dans ce cas, une firme produit toujours une quantité strictement positive lors de la seconde étape, même si elle n'a pas du tout investi en R&D alors que sa concurrente a suffisamment investi pour annuler son coût unitaire de production. Les résultats obtenus sont les suivants. Si le coût de la R&D est très faible par rapport à la taille du marché ($\gamma c + \theta \leq \frac{4(a-c)}{9b}$), les deux firmes investissent suffisamment en R&D pour annuler leur coût unitaire de production. A l'opposé, si le coût de la R&D est très élevé ($\gamma c + \theta \geq \frac{4a}{9b}$), aucune des deux firmes n'investit en R&D. Dans les cas intermédiaires, le jeu admet deux équilibres asymétriques en stratégies pures. L'une des firmes ne fait pas de R&D tandis que l'autre investit suffisamment pour annuler son coût de production. Bien que les firmes soient *ex ante* parfaitement identiques, *ex post* l'équilibre est très asymétrique. On obtient une **polarisation de l'industrie**. Les auteurs notent que, dans beaucoup d'industries, des firmes ayant des niveaux de R&D élevés cotoient des firmes ne faisant pas de R&D. Les auteurs terminent cette section en notant que le même type de résultats peut être obtenu dans un modèle de concurrence à la Bertrand avec des prix différenciés, dans

un modèle avec des *spillovers* (pas trop forts) ou dans un modèle avec n firmes (certaines firmes choisissent le niveau maximal de R&D tandis que d'autres choisissent de ne pas en faire).

Les auteurs étudient ensuite le cas : $a < 2c$. Dans ce cas, si une firme n'a pas du tout investi en R&D alors que sa concurrente a suffisamment investi pour annuler son coût unitaire de production, cette firme produit une quantité nulle en seconde période. Ce qui est interprété par les auteurs comme une sortie de l'industrie. Les auteurs supposent $\gamma < \frac{1}{4b}$ et $\frac{25}{18}c < a < 2c$. Les équilibres sont alors les suivants. Si le coût de la R&D est très faible², les deux firmes investissent suffisamment pour annuler leur coût unitaire de production. Si le coût de la R&D est un peu plus élevé, une firme investit suffisamment pour annuler son coût unitaire de production. L'autre firme n'investit pas et quitte l'industrie. Si le coût de la R&D est encore un peu plus élevé, l'une des firmes choisit un montant de R&D juste suffisant pour inciter l'autre firme à sortir de l'industrie (mais elle n'annule pas son coût unitaire) ; l'autre firme n'investit pas en R&D et quitte l'industrie. Si le coût de la R&D est très élevé, aucune firme n'investit en R&D et les deux firmes produisent des quantités strictement positives à la seconde étape. Donc, dans les cas intermédiaires, l'une des firmes sort de l'industrie. Ce que les auteurs associent au phénomène de *shake-out* souvent observé lors de la phase initiale de développement d'une industrie ou après un changement important des conditions de l'industrie. Les auteurs notent que ce n'est pas nécessairement un choc négatif qui pousse l'une des firmes à sortir de l'industrie. Cela peut, au contraire, être un choc positif : la possibilité d'investir dans une nouvelle technologie pour réduire les coûts.

Les auteurs étudient aussi l'optimum de second rang du modèle, c'est-à-dire les niveaux de R&D qui maximisent le surplus social si les firmes continuent de se livrer une concurrence à la Cournot à la seconde étape³. Les auteurs trouvent que la zone où le surplus social serait maximum avec une firme qui n'investit pas et l'autre firme qui investit au maximum est plus grande que la zone où cette configuration apparaît effectivement à l'équilibre. Il existe donc une zone où aucune firme n'investit à l'équilibre alors qu'il serait socialement préférable que l'une d'elles le fasse. Il existe aussi une zone où les deux firmes investissent au maximum à l'équilibre alors qu'il serait socialement préférable qu'une seule le fasse. Il existe donc une zone où l'industrie n'investit pas assez en R&D et une zone où l'industrie investit trop en R&D par rapport à ce qui serait socialement optimal.

Les auteurs s'intéressent enfin à l'existence éventuelle de zones où les firmes investissent toutes les deux alors que les profits des firmes seraient plus élevés si les deux firmes n'investissaient. Il existait bien une zone où les firmes sont prises dans un dilemme du prisonnier de ce type. Les auteurs montrent que le surplus social, dans cette zone, est plus élevé lorsque les deux firmes investissent. Le dilemme permet donc un accroissement du surplus social au détriment du profit des firmes.

²Les frontières des zones sont plus complexes que dans le cas précédent. Elles sont définies par plusieurs conditions.

³L'optimum de premier rang suppose que les firmes vendent à un prix égal au coût marginal à la seconde étape.

2.1.3 R&D et localisations

Matsumura et Matsushima (2012) étudient si les firmes ont tendance à sous-investir ou à sur-investir en R&D dans un modèle d’Hotelling. Ils montrent que la réponse change selon que l’on autorise ou non les firmes à se localiser en dehors du segment $[0, 1]$.

Le modèle est un modèle de ville linéaire à la Hotelling. Les coûts de transport sont quadratiques. Le modèle comprend deux firmes. Le timing du modèle comprend trois étapes. Lors de la première, les deux firmes choisissent simultanément leur niveau de R&D. En investissant $I(e_i)$, la firme i obtient un coût unitaire de production égal à $c_i = c - e_i$. Lors de la deuxième étape, les firmes choisissent simultanément leur localisation. Lors de la troisième étape, les firmes fixent simultanément leur prix.

Les auteurs commencent par imposer que, lors de la deuxième étape, les firmes doivent obligatoirement se localiser dans le segment $[0, 1]$. Avec cette restriction, les firmes se localisent aux deux extrémités du segment lors de la deuxième étape. Les auteurs montrent que les efforts de réduction de coût choisis par les firmes lors de la première étape sont inférieurs à ceux socialement optimaux. Les firmes réduisent leurs efforts de R&D pour s’engager à fixer des prix plus élevés lors de la troisième étape. Cet effet stratégique conduit à des efforts de R&D trop faibles.

Les auteurs autorisent ensuite les firmes à se localiser en dehors du segment $[0, 1]$. Lors de la deuxième étape, les firmes choisissent des localisations extérieures. Les efforts de R&D sont plus élevés que dans le premier modèle et sont maintenant supérieurs aux niveaux socialement optimaux (qui sont identiques dans les deux modèles⁴). Les firmes prennent maintenant en considération un effet stratégique supplémentaire de leurs efforts de R&D. Plus de R&D permet à la firme d’obtenir un coût unitaire plus faible et incite l’autre firme à choisir une localisation plus éloignée. Les firmes augmentent leurs dépenses de R&D pour inciter leur concurrente à s’éloigner. Les dépenses de R&D deviennent excessives.

Dans un dernier paragraphe, les auteurs introduisent des *spillovers* dans les programmes de R&D des deux firmes. Les dépenses de R&D demeurent inférieures à l’optimum social lorsque les firmes doivent se localiser dans la ville. Elles demeurent supérieures à l’optimum social lorsque les firmes peuvent se localiser en dehors de la ville si les *spillovers* sont faibles, mais deviennent inférieures à l’optimum social si les *spillovers* sont élevés.

2.2 Innovation de produit

2.2.1 Degré de différenciation des produits

Lambertini et Rossini (1998) étudient un modèle de duopole dans lequel le degré de différenciation des produits dépend des efforts d’innovation des firmes. Les produits vendus par les deux firmes sont initialement

⁴Les efforts socialement optimaux correspondent aux efforts minimisant les coûts de production. Ils sont indépendants des localisations des firmes (si ces localisations sont symétriques).

homogènes, mais les firmes peuvent entreprendre un programme de R&D pour innover et les différencier. Formellement, les fonctions de demande inverse des firmes sont de la forme :

$$p_i = 1 - q_i - \gamma q_j$$

Si aucune firme ne fait d'effort d'innovation, $\gamma = 1$. Si une seule firme innove, $\gamma = \hat{\gamma}$. Si les deux firmes innover, $\gamma = \bar{\gamma}$. Les auteurs supposent : $0 \leq \bar{\gamma} < \hat{\gamma} < 1$. Si une firme lance un programme d'innovation, elle subit un coût fixe k . Le jeu se décompose en deux étapes. Lors de la première étape, les firmes choisissent simultanément d'innover ou de ne pas innover. Lors de la seconde, elles se livrent une concurrence à la Cournot ou à la Bertrand. Les fonctions de demande des firmes sont :

$$q_i = \frac{1}{1 + \gamma} - \frac{p_i}{1 - \gamma^2} + \frac{\gamma p_j}{1 - \gamma^2}$$

Les firmes ont des coûts marginaux constants que les auteurs normalisent à 0. La résolution de la seconde étape du jeu est assez standard. Elle débouche sur les profits suivants. Dans le cas de la concurrence à la Cournot : $\pi_i^C = \frac{1}{(2+\gamma)^2}$. Dans le cas de la concurrence à la Bertrand : $\pi_i^B = \frac{1-\gamma}{(2-\gamma)^2(1+\gamma)}$.

On obtient donc, à l'étape 1, les matrices de gain suivantes. Dans le cas de la concurrence à la Cournot :

		Joueur 2	
		Innove	N'innove pas
Joueur 1	Innove	$\frac{1}{(2+\bar{\gamma})^2} - k$	$\frac{1}{(2+\hat{\gamma})^2} - k$
	N'innove pas	$\frac{1}{(2+\bar{\gamma})^2}$	$\frac{1}{(2+\hat{\gamma})^2}$

Dans le cas de la concurrence à la Bertrand :

		Joueur 2	
		Innove	N'innove pas
Joueur 1	Innove	$\frac{1-\bar{\gamma}}{(2-\bar{\gamma})^2(1+\bar{\gamma})} - k$	$\frac{1-\hat{\gamma}}{(2-\hat{\gamma})^2(1+\hat{\gamma})} - k$
	N'innove pas	$\frac{1-\bar{\gamma}}{(2-\bar{\gamma})^2(1+\bar{\gamma})}$	$\frac{1-\hat{\gamma}}{(2-\hat{\gamma})^2(1+\hat{\gamma})}$

Les deux types de concurrence débouchent sur le même type de résultats. Si k est élevé et $\hat{\gamma}$ et $\bar{\gamma}$ sont proches de 1, aucune firme n'innove. Si k est faible, $\hat{\gamma}$ sensiblement différent de 1 et $\bar{\gamma}$ est proche de $\hat{\gamma}$, une seule firme innove. Si k est faible, $\hat{\gamma}$ sensiblement différent de 1 et $\bar{\gamma}$ est sensiblement différent de $\hat{\gamma}$, les deux firmes innover. Enfin, si k est intermédiaire, $\hat{\gamma}$ proche de 1 et $\bar{\gamma}$ sensiblement plus faible que $\hat{\gamma}$, il existe deux équilibres en stratégies pures, l'un dans lequel aucune firme n'innove et l'autre où les deux firmes innover. Les auteurs montrent ensuite que les incitations à innover sont plus élevées lorsque la concurrence

est à la Bertrand que lorsque la concurrence est à la Cournot⁵. Ce qui contraste avec les résultats obtenus par Brander et Spencer (1983) et Dixon (1985) dans le cas des innovations de procédés.

2.2.2 Choix du niveau de risque

Les firmes choisissent non seulement un niveau d'effort de R&D mais aussi les caractéristiques des programmes de R&D. Elles peuvent s'engager dans des innovations peu importantes mais pouvant être facilement atteintes ou dans des innovations beaucoup plus ambitieuses mais ayant une faible probabilité de succès.

Tishler (2008) présente un modèle de duopole en deux étapes. Lors de la première étape, les firmes choisissent simultanément entre deux projets de R&D. Lors de la seconde, elles se livrent une concurrence en prix avec des biens différenciés. La fonction de demande de la firme i est de la forme :

$$Q_i = \alpha_i - \beta_i P_i + \gamma P_j$$

Les programmes de R&D consistent en une amélioration du produit qui permet d'augmenter le paramètre α_i . Le premier (second) projet est un succès avec probabilité p (q) ; en cas de succès α_i augmente à $\alpha_i + \lambda_L$ ($\alpha_i + \lambda_H$). $p > q$. Tishler (2008) montre que si $p\lambda_L = q\lambda_H$ et les deux programmes de R&D ont le même coût fixe alors le choix du projet 2 (qui est le plus risqué) est une stratégie dominante pour les deux firmes. Ce résultat ne change pas si les firmes se livrent une concurrence en quantités lors de la seconde étape du jeu.

2.3 Persistance des monopoles ?

2.3.1 Gilbert et Newbery (1982)

Gilbert et Newbery (1982) considèrent une industrie exploitée par un monopole. Une nouvelle innovation permet de mettre au point un substitut au bien existant. Cette innovation peut être réalisée par le monopole en place ou par une nouvelle firme. Les auteurs montrent que le monopole en place a plus d'incitations que les entrants potentiels à réaliser l'innovation ou à acquérir le brevet sur cette innovation.

Le gain d'un entrant potentiel exploitant l'innovation à partir de la date T est égal à :

$$\int_T^{\infty} \pi_e(P_m^1, P_e^2) e^{-rt} dt - C(T)$$

où P_m^1 est le prix fixé par le monopole en place, P_e^2 est le prix fixé par l'entrant, $C(T)$ est le coût pour développer l'innovation (ce coût est une fonction décroissante de T) et r est le taux d'actualisation.

⁵La démonstration consiste à montrer que la zone des paramètres dans laquelle les deux firmes choisissent d'innover est plus grande.

De nombreux entrants potentiels sont en concurrence. Cette concurrence entraîne que les firmes ont intérêt à pré-empter légèrement leurs rivales si le profit précédent est positif. A l'équilibre, ce profit doit donc être nul et

$$C(T) = \int_T^{\infty} \pi_e(P_m^1, P_e^2) e^{-rt} dt$$

Le gain du monopole, si une nouvelle firme introduit l'innovation à la date T , est égal à :

$$V_e = \int_0^T \pi_m(P_m^1) e^{-rt} dt + \int_T^{\infty} \pi_m(P_m^1, P_e^2) e^{-rt} dt$$

Si le monopole pré-empte l'entrant potentiel et introduit l'innovation à la date $T - \varepsilon$, son profit est égal à :

$$V_p = \int_0^{T-\varepsilon} \pi_m(P_m^1) e^{-rt} dt + \int_{T-\varepsilon}^{\infty} \pi_m(P_m^1, P_m^2) e^{-rt} dt - [C(T) + \delta]$$

δ représente le coût additionnel pour développer l'innovation légèrement plus tôt.

Le monopole a intérêt à pré-empter les entrants potentiels si et seulement si $V_p - V_e \geq 0$. On fait tendre ε et δ vers 0.

$$\begin{aligned} V_p - V_e &= \int_0^T \pi_m(P_m^1) e^{-rt} dt + \int_T^{\infty} \pi_m(P_m^1, P_m^2) e^{-rt} dt - C(T) - \int_0^T \pi_m(P_m^1) e^{-rt} dt - \int_T^{\infty} \pi_m(P_m^1, P_e^2) e^{-rt} dt \\ &= \int_T^{\infty} \pi_m(P_m^1, P_m^2) e^{-rt} dt - \int_T^{\infty} \pi_m(P_m^1, P_e^2) e^{-rt} dt - C(T) \end{aligned}$$

En remplaçant $C(T)$ par sa valeur d'équilibre, on obtient :

$$\begin{aligned} V_p - V_e &= \int_T^{\infty} \pi_m(P_m^1, P_m^2) e^{-rt} dt - \int_T^{\infty} \pi_m(P_m^1, P_e^2) e^{-rt} dt - \int_T^{\infty} \pi_e(P_m^1, P_e^2) e^{-rt} dt \\ &= \int_T^{\infty} \{ \pi_m(P_m^1, P_m^2) - \pi_m(P_m^1, P_e^2) - \pi_e(P_m^1, P_e^2) \} e^{-rt} dt \end{aligned}$$

On en déduit :

$$V_p - V_e \geq 0 \Leftrightarrow \pi_m(P_m^1, P_m^2) \geq \pi_m(P_m^1, P_e^2) + \pi_e(P_m^1, P_e^2)$$

Si les profits de l'industrie sont plus élevés lorsque les deux biens sont exploités par la même firme que lorsqu'ils sont exploités par deux firmes concurrentes, alors le monopole en place a intérêt à pré-empter les entrants potentiels et à introduire l'innovation.

Une firme en place va donc généralement choisir de consacrer plus de ressources que des entrants potentiels pour acquérir un brevet sur un nouveau substitut au bien qu'elle produit. Les monopoles ont donc tendance à persister.

Si $V_p - V_e$ est sensiblement supérieur à 0, alors le monopole en place continue de gagner la course à l'innovation même s'il souffre d'un léger désavantage par rapport aux entrants potentiels dans d'autres domaines : par exemple s'il a un coût d'innovation plus élevé. Salant (1984) avance que ce dernier résultat n'est plus vérifié si les firmes peuvent passer des accords de licence ou se revendre les brevets. Dans ce cas, la firme qui a les coûts de R&D les plus faibles réalise l'innovation et elle cède le brevet à la firme qui a les coûts de production les plus faibles. Si l'entrant a des coûts plus faibles, le monopole en place lui cède les brevets sur les deux biens. Gilbert et Newbery (1984b) nuancent la remarque de Salant (1984) en faisant remarquer qu'il peut exister des coûts de transaction importants pour céder des brevets.

2.3.2 Reinganum (1983)

En modifiant certaines des hypothèses, Reinganum (1983) obtient un résultat opposé à celui de Gilbert et Newbery (1982).

Initialement, une firme produit avec un coût unitaire \bar{c} et est en situation de monopole. Cette firme est en concurrence avec un entrant potentiel pour développer une nouvelle technologie de production permettant de produire avec un coût unitaire $c < \bar{c}$. La première firme à développer l'innovation peut déposer un brevet. Si c'est la firme en place, elle reste en situation de monopole. Si c'est l'autre firme, les deux firmes se livrent ensuite une concurrence à la Cournot. Le processus de R&D est stochastique.

Formellement, en notant x_I le taux d'investissement en R&D de la firme en place et $\tau_I(x_I)$ la date aléatoire où la firme en place achève la mise au point de l'innovation, on a $P\{\tau_I(x_I) \leq t\} = 1 - e^{-h(x_I)t}$ pour $t \in [0, \infty)$. De même, pour l'entrant potentiel, on a $P\{\tau_C(x_C) \leq t\} = 1 - e^{-h(x_C)t}$ pour $t \in [0, \infty)$. $h(\cdot)$ est la *fonction de hazard* (???)

L'espérance de gain de la firme en place pour un couple de taux d'investissement (x_I, x_C) est égale à :

$$\begin{aligned} V^I(x_I, x_C) &= \int_0^{\infty} (R - x_I) e^{-h(x_I)t} e^{-h(x_C)t} e^{-rt} dt + \int_0^{\infty} \Pi(c) h(x_I) e^{-h(x_I)t} e^{-h(x_C)t} e^{-rt} dt \\ &\quad + \int_0^{\infty} \pi_I(c) h(x_C) e^{-h(x_I)t} e^{-h(x_C)t} e^{-rt} dt \\ &= \int_0^{\infty} [R - x_I + h(x_I) \Pi(c) + h(x_C) \pi_I(c)] e^{-[h(x_I) + h(x_C)]t} e^{-rt} dt \\ &= \frac{R - x_I + h(x_I) \Pi(c) + h(x_C) \pi_I(c)}{r + h(x_I) + h(x_C)} \end{aligned}$$

R est le gain de la firme en place lorsqu'elle est en position de monopole et qu'elle a un coût élevé, on retranche de ce gain l'investissement consenti x_I . La firme en place reçoit donc $R - x_I$ si aucune des deux firmes n'a encore achevé le programme de R&D ; cet événement a une probabilité $e^{-[h(x_I) + h(x_C)]t}$. $\Pi(c)$ est le gain de la firme en place lorsqu'elle a innové la première ; cet événement a une probabilité

$h(x_I) e^{-[h(x_I)+h(x_C)]t}$. $\pi_I(c)$ est le gain de la firme en place lorsque l'autre firme a innové la première ; cet événement a une probabilité $h(x_C) e^{-[h(x_I)+h(x_C)]t}$.

De façon analogue, l'espérance de gain de l'entrant potentiel est égale à :

$$\begin{aligned} V^C(x_I, x_C) &= \int_0^{\infty} -x_C e^{-h(x_I)t} e^{-h(x_C)t} e^{-rt} dt + \int_0^{\infty} \pi_C(c) h(x_C) e^{-h(x_I)t} e^{-h(x_C)t} e^{-rt} dt \\ &= \int_0^{\infty} [h(x_C) \pi_C(c) - x_C] e^{-[h(x_I)+h(x_C)]t} e^{-rt} dt \\ &= \frac{h(x_C) \pi_C(c) - x_C}{r + h(x_I) + h(x_C)} \end{aligned}$$

Les différences viennent du fait que la firme en place reçoit le profit de monopole tout le temps qu'aucune innovation n'a eu lieu tandis que l'entrant ne reçoit aucune recette. La firme en place peut continuer à recevoir des profits après que l'entrant a innové alors que la réciproque n'est pas vraie.

Pour obtenir l'équilibre de Nash de ce jeu, il faut dériver les espérances de gain des firmes par leur niveau d'effort de R&D. En égalisant ces dérivées à zéro, on obtient les fonctions de meilleures réponses des firmes. On a ainsi un système avec deux équations et deux inconnues. La résolution de ce système donne l'équilibre de Nash.

L'auteur montre les résultats suivants : (1) L'effort de R&D de la firme en place est supérieur à celui qu'elle ferait en l'absence de concurrent potentiel. (2) Si l'innovation est drastique alors l'effort de R&D de l'entrant potentiel est supérieur à celui de la firme en place. (3) Par continuité, l'effort de R&D de l'entrant est plus grand que celui de la firme en place si l'innovation est suffisamment importante.

Une innovation est dite drastique si elle est suffisamment importante pour que la firme qui la réalise puisse exclure les autres firmes du marché et se retrouver en situation de monopole. Dans le modèle, si l'innovation est drastique on a $\pi_C(c) = \Pi(c)$ et $\pi_I(c) = 0$.

On a donc :

$$\begin{aligned} V^I(x_I, x_C) &= \frac{R - x_I + h(x_I) \Pi(c)}{r + h(x_I) + h(x_C)} \\ V^C(x_I, x_C) &= \frac{h(x_C) \Pi(c) - x_C}{r + h(x_I) + h(x_C)} \end{aligned}$$

L'incitation de la firme en place à développer rapidement l'innovation est plus faible que celle de l'entrant potentiel car en l'absence d'innovation la firme en place gagne R tandis que l'entrant obtient un gain nul.

Gilbert et Newbery (1984a) et Reinganum (1984) sont en désaccord sur les raisons pour lesquelles les résultats des deux modèles sont en opposition. Pour les premiers, les différences principales entre les deux modèles sont dues à des hypothèses différentes sur (1) le timing des choix des firmes : dans le premier modèle les choix des firmes sont séquentiels⁶ tandis que dans le second ils sont simultanés, et (2) sur le

⁶Ce qui est loin d'être clair dans l'article original.

nombre d'entrants potentiels : libre entrée dans le premier modèle et un seul entrant dans le second. Dans le modèle de Reinganum (1983), l'entrée ne peut pas être bloquée car la firme en place ne joue pas en premier et il n'existe pas de coût fixe, l'entrant a donc toujours intérêt à entrer. Pour Reinganum (1984), la différence principale entre les deux modèles est l'introduction de l'incertitude.

Yi (1995) propose une variante de ces deux modèles. Il suppose que la firme en place a les capacités de mener un programme de R&D pour diminuer son coût de production. Une autre firme a aussi les capacités de mener ce projet ; en revanche, elle ne peut pas produire le bien elle même. Enfin, un entrant potentiel a la possibilité de produire le bien mais pas de mener le projet de R&D. La firme en place et l'entrant potentiel peuvent participer à des enchères pour acquérir la firme ayant des compétences en R&D. Si c'est la firme en place qui l'acquiert, elle est ensuite en position de monopole. Si c'est l'entrant potentiel qui acquiert la firme ayant des capacités en R&D, la suite du jeu est identique au modèle de Reinganum (1983). Yi (1995) montre que c'est la firme en place qui remporte l'enchère que l'innovation soit drastique ou non. Le résultat ne change pas si la firme en place ne possède pas de capacités en R&D.

2.3.3 La firme en place joue en premier

Etro (2004) étudie une problématique similaire. L'industrie est initialement en situation de monopole. La firme en place bénéficie d'un flux de profit π . Une technologie supérieure peut être mise au point en innovant. L'innovation est drastique. Le bien précédent disparaît lors de l'innovation et la firme qui innove la première pourra bénéficier à son tour d'une position de monopole. La firme qui innove et obtient un gain V . Pour se lancer dans la course au brevet, une firme doit payer un coût fixe F et choisit ensuite un niveau d'effort de R&D z_i . Le processus d'innovation de chacune des firmes suit une loi de Poisson, avec une probabilité instantanée d'innovation $h(z_i)$. La course au brevet est potentiellement ouverte à la firme en place et à des entrants potentiels.

L'auteur étudie l'équilibre de ce modèle avec différentes hypothèses sur le timing des choix des firmes et sur le nombre d'entrants potentiels. Il s'efforce d'obtenir des résultats théoriques semblables aux résultats empiriques de Blundell et alii (1999). Ces derniers ont trouvé que beaucoup d'innovations étaient réalisées par les firmes en place.

Choix simultanés : Etro (2004) commence par supposer que toutes les firmes (firme en place et entrants potentiels) réalisent leur choix d'effort de R&D simultanément. Il trouve que les efforts de R&D z_i des firmes se lançant dans la course au brevet sont des **compléments stratégiques**. Il trouve aussi que la firme en place investit moins en R&D que les entrants potentiels. Le gain de l'innovation pour la firme en place est plus faible que pour les entrants potentiels, car, si la firme en place innove, elle gagne V mais elle met fin à son flux de profit π . Les entrants potentiels, s'ils innovent, gagnent V et ne perdent rien. Pour la firme en place, il y a ce qu'Arrow (1962) appelle un effet de remplacement, qui réduit ses efforts de R&D. Si le

nombre d'entrants potentiels est élevé, la firme en place peut choisir de ne pas se lancer dans la course au brevet. Avec cette modélisation, les entrants font plus de R&D que la firme en place et l'identité de la firme détenant la position de monopole change régulièrement.

Choix séquentiels : Etro (2004) suppose ensuite que la firme en place peut choisir son effort de R&D avant les entrants potentiels. Elle dispose d'un rôle de leader de Stackelberg dans la course au brevet. Comme elle est déjà présente dans l'industrie, elle peut se lancer un peu plus tôt dans la course et choisir la taille de ses équipes de recherche avant les entrants potentiels. Les résultats dépendent alors du nombre d'entrants potentiels.

L'auteur commence par supposer qu'il y a n entrants potentiels et que n et F sont suffisamment petits pour que tous les entrants potentiels se lancent dans la course au brevet. La firme en place utilise son rôle de leader de Stackelberg pour influencer les choix des autres firmes. Elle souhaite que les autres firmes réduisent leurs efforts de R&D (pour exploiter son monopole existant plus longtemps). Comme les efforts de R&D sont des compléments stratégiques, la firme en place réduit son effort de R&D pour inciter les autres firmes à faire de même. Il y a globalement moins de R&D que dans le modèle avec choix simultanés. La firme en place fait moins de R&D que les entrants potentiels.

L'auteur suppose ensuite que le nombre d'entrants potentiels est très grand. Le nombre d'entrants se lançant dans la course au brevet est alors déterminée par la condition : l'espérance de profits de ces firmes est nulle. La firme en place choisit alors un niveau de R&D supérieur à ce qu'elle choisit lorsque les choix sont simultanés. La firme en place augmente sa R&D pour réduire le nombre de firmes se lançant dans la course à l'innovation. Les entrants qui se lancent dans la course à l'innovation font plus de R&D que dans le modèle avec choix simultanés, mais ils sont moins nombreux. Le second effet domine le premier. La firme en place fait plus de R&D que les entrants potentiels. Cette version du modèle est celle qui donne des résultats analogues aux observations de Blundell et alii (1999).

L'auteur montre ensuite que le même résultat - effort de R&D plus important pour la firme en place lorsqu'elle est leader et qu'il y a libre entrée - est obtenu dans d'autres contextes : efforts de R&D choisis dès le début comme dans Loury (1979), innovation non drastique, variante où les firmes choisissent aussi la taille de l'innovation, etc.

2.4 Concurrence et incitation à innover

Dans beaucoup de modèles, les incitations à innover des firmes diminuent lorsque le degré de concurrence augmente. Dans la plupart des modèles d'oligopoles, les incitations à innover diminuent lorsque le nombre de firmes augmente ou lorsque les biens sont des substituts plus proches. Plusieurs modèles ont cependant trouvé des relations non monotones entre incitations à innover et concurrence.

2.4.1 Réduction de coût et concurrence à la Cournot

Yi (1999) étudie l'évolution des incitations à innover dans un oligopole où la concurrence est à la Cournot lorsque le nombre de firmes augmente. L'oligopole comprend n firmes ayant initialement le même coût marginal de production constant c . L'une des firmes a la possibilité d'investir pour réduire son coût unitaire. Pour évaluer les incitations à innover de cette firme, l'auteur calcule la dérivée de son profit par rapport à c . Il s'intéresse donc à une "petite" innovation de procédé. L'auteur étudie ensuite comment la valeur de cette dérivée évolue lorsque n augmente. Il trouve que si la fonction de demande inverse est concave ou linéaire alors les incitations de la firme à innover diminuent lorsque n augmente. L'intuition est la suivante, plus une firme produit et plus la réduction de son coût unitaire de production lui permet de réduire ses coûts de production. Il existe d'autres effets mais cet effet domine. Comme la production d'une firme diminue quand n augmente, les incitations à innover diminuent lorsque n augmente. Si la demande est convexe, le résultat peut s'inverser (mais pas toujours). En effet avec une demande convexe, une firme peut produire plus dans un duopole que lorsqu'elle est en situation de monopole. Dans ce cas, son incitation à réduire ses coûts est plus forte dans un duopole que lorsqu'elle est en situation de monopole. Mais généralement, ces incitations diminuent lorsque n augmente lorsque n devient suffisamment grand. Donc, avec une fonction de demande inverse convexe (par exemple une fonction de demande avec élasticité constante), les incitations à innover peuvent être une fonction non monotone de n . L'auteur s'intéresse ensuite à des réductions de coût non marginales (mais non drastiques). Il se limite au cas où la fonction de demande inverse est linéaire : $P(Q) = a - Q$. Il montre que l'incitation à investir pour passer de c à c' diminue lorsque le nombre de firmes augmente si et seulement si :

$$0 < c - c' < \frac{n-1}{n} (a - c)$$

2.4.2 Innovation pas à pas

Les modèles de croissance endogène s'inscrivant dans la tradition schumpeterienne supposent généralement que les innovations sont drastiques. Une firme qui innove acquiert une position de monopole et élimine totalement la firme qui détenait auparavant le marché. Aghion, Harris et Vickers (1997) développent un modèle où le marché est parfois partagé entre deux firmes. Les innovations se font pas à pas. Une firme qui innove prend un peu d'avance, mais sa concurrente peut rattraper ce retard en innovant à son tour. Après avoir rattrapé ce retard, les deux firmes sont à égalité. Une firme doit innover à nouveau pour reprendre de l'avance. Cette possibilité de phase où les deux firmes sont à égalité distingue le modèle des précédents modèles schumpeteriens, qui font l'hypothèse de *leapfrogging*. Avec cette hypothèse, une firme qui innove non seulement rattrape son retard, mais prend aussitôt de l'avance. Avec l'hypothèse d'innovation pas à pas, il faut passer par une phase d'égalité entre le retard et l'avance.

Le modèle d'Aghion, Harris et Vickers (1997) est un modèle de croissance endogène en équilibre général. Il y a un continuum d'industries. Chaque industrie est composée de deux firmes produisant un bien homogène.

Le niveau technologique de chaque firme est mesuré par une variable k discrète. Les firmes peuvent augmenter k en faisant des efforts de R&D. La probabilité d'innovation suit une loi de Poisson dont le paramètre z est une fonction croissante de l'effort de R&D choisit par la firme et de l'éventuelle avance technologique de l'autre firme. Si une firme est en retard, le paramètre de la loi de Poisson qui représente sa probabilité d'innovation est égal à $z + h$ où z est choisi par la firme (et occasionne un coût $c(z) = 0,5z^2$) et h (exogène) modélise les possibilités d'imitation et les *spillovers*. Si une firme innove, son niveau technologique augmente de un. Une firme, ayant un niveau technologique k , peut produire γ^{-k} unités d'output en utilisant une unité de travail. Avec cette modélisation, le profit des firmes dépend de l'écart des k des deux firmes mais pas de leurs valeurs. Le jeu est joué en temps continu. Les firmes choisissent à chaque instant le z qui conditionne leur probabilité d'innovation et parallèlement elles se font concurrence sur le marché des biens.

Aghion, Harris et Vickers (1997) simplifient leur modèle en supposant que l'écart technologique entre deux firmes ne peut pas excéder 1. La firme qui est en avance ne fait plus de R&D et donc n'innove plus jusqu'à ce que sa concurrente la rattrape. Les auteurs n'ont donc à calculer que deux niveaux de R&D, celui choisit par une firme en retard et celui choisi par les firmes lorsqu'elles sont à égalité. Les auteurs montrent que pour un grand nombre de type de concurrence, dont la concurrence à la Cournot et la concurrence à la Bertrand, les efforts de R&D des firmes sont plus élevés lorsqu'elles sont à égalité que lorsqu'une des firmes est en avance. Une concurrence très forte (égalité technologique) incite les firmes à faire des efforts de R&D élevés pour sortir de cette égalité et acquérir un avantage technologique. Les profits joints de l'industrie sont plus élevés lorsque les firmes ont un écart technologique que lorsqu'elles sont à égalité. "échapper à la concurrence" constitue une plus forte incitation à innover que "rattraper son retard". Les firmes continuent cependant à faire de la R&D même si elles sont en retard et même si la concurrence est de type Bertrand (qui implique un profit nul lorsque les firmes sont à égalité) car rattraper leur retard constitue une étape incontournable dans l'optique de repasser devant.

Les auteurs s'intéressent aux effets d'une augmentation de h (la facilité d'imitation). Une imitation plus facile diminue les incitations des firmes à faire de la R&D lorsqu'elles sont à égalité. Il est moins intéressant d'innover pour prendre une avance technologique, si cette avancée pourra facilement être annulée par l'autre firme en imitant l'innovation. La probabilité d'innovation dans une industrie au coude à coude diminue. La probabilité d'innovation par une firme ayant un retard technologique augmente. Il y a aussi un "effet de composition". Avec une imitation plus facile, la proportion des industries dont les firmes sont technologiquement au coude à coude augmente. Or les efforts de R&D sont plus élevés dans ces industries que dans les industries avec écart technologique. L'effet de h sur le niveau total d'innovations dans l'économie et sur le taux de croissance est donc ambigu, les firmes réduisent leur R&D pour une configuration donnée, mais l'effet de composition va en sens inverse, les industries sont plus souvent au coude à coude. L'effet dominant dépend des valeurs des paramètres.

Les auteurs s'intéressent ensuite aux effets du degré de concurrence. Formellement, ils comparent les résultats de la concurrence à la Cournot et de la concurrence à la Bertrand. La concurrence en Bertrand

étant plus forte qu'en Cournot. L'effet global sur le nombre d'innovations et le taux de croissance de l'économie est à nouveau ambigu. Lorsque les firmes sont au coude à coude, les efforts de R&D sont plus élevés en Bertrand qu'en Cournot. Les firmes sont pressées d'échapper à la concurrence au coude à coude en Bertrand. Cependant, la proportion d'industries au coude à coude est plus élevée lorsque la concurrence est de type Cournot, ce qui augmente la R&D au niveau de l'économie. Lorsque le taux d'actualisation des firmes est fort, le taux de croissance en Cournot est plus élevé qu'en Bertrand. Car en Bertrand, les firmes en retard font très peu de R&D. Donc, elles mettent beaucoup de temps à rattraper leur retard. La R&D est forte lorsque les firmes sont au coude à coude, mais très peu d'industries sont dans cette situation en Bertrand. Si le taux d'actualisation des firmes est faible, les firmes valorisent beaucoup le futur et la croissance est plus rapide avec la concurrence à la Bertrand. Les firmes en retard continuent de faire de la R&D en espérant reprendre de l'avance dans le futur.

Aghion, Harris, Howitt et Vickers (2001) est une généralisation d'Aghion, Harris et Vickers (1997). Le modèle est globalement similaire, mais, premièrement, les auteurs lèvent la restriction que l'écart technologique entre les deux firmes ne peut pas excéder 1, et, deuxièmement, ils rendent "continu" le degré de concurrence entre les firmes. Dans leur article de 1997, les auteurs comparaient la concurrence à la Bertrand et la concurrence à la Cournot, les deux avec des biens homogènes. Dans le travail de 2001, les auteurs n'étudient que la concurrence à la Bertrand. En revanche, ils supposent que les biens sont des biens substituables, mais différenciés. Ils font varier le degré de différenciation de biens homogènes à des biens indépendants. Ce degré de différenciation va être assimilé au degré de concurrence entre les firmes. Lever la restriction que la différence technologique entre les deux firmes composant une industrie ne peut pas excéder 1 complique beaucoup la résolution du modèle. La firme qui est technologiquement en avance continue de faire de la R&D pour accroître son avance (ce qui augmente ses profits) et pour ne pas être rattrapée par l'autre firme. La R&D choisie par les firmes devient une fonction de l'écart et ne se limite plus à deux valeurs possibles (trois si on compte 0).

Les auteurs commencent par montrer que le profit des firmes est une fonction croissante de leur avance technologique (et une fonction décroissante de leur retard), sauf éventuellement dans les cas extrêmes où les biens sont des substituts parfaits ou sont totalement indépendants. Ils montrent aussi que lorsque les biens sont totalement indépendants, les incitations des firmes à faire de la R&D sont totalement nulles. Ce qui génère l'un des résultats principaux des auteurs : une augmentation de la concurrence entre les firmes (mesurée par le degré de substituabilité) accroît toujours les efforts de R&D des firmes (et le taux de croissance de l'économie) lorsque la concurrence est initialement nulle. Les auteurs montrent aussi que les profits joints de l'industrie sont minimaux lorsque les deux firmes ont le même niveau technologique (concurrence au coude à coude, *neck-and-neck competition*). Comme dans le modèle précédent, cela va impliquer que les incitations à faire de la R&D sont maximales lorsque les firmes sont au coude à coude. Ce sont les effets centraux, qui vont générer les principaux résultats. Les auteurs montrent aussi que lorsque le degré de substituabilité entre les biens augmente, le profit de la firme technologiquement en retard diminue, le profit des firmes

diminue aussi si les firmes sont au coude à coude, en revanche, l'évolution du profit d'une firme ayant une avance technologique est ambiguë. Si une firme a une large avance technologique, elle peut bénéficier d'une plus faible différenciation entre les deux biens. Les auteurs montrent aussi que l'accroissement des profits d'une firme qui innove et qui passe d'une situation de concurrence au coude à coude à une situation où son avance technologique est de 1 augmente avec le degré de substituabilité des biens. Donc, plus la concurrence entre les firmes est vive, plus une firme gagne à sortir de la concurrence au coude à coude. L'effet du degré de substituabilité sur les incitations à la R&D des firmes ayant déjà une avance technologique importante est plus ambigu. L'effet peut avoir une forme en U inversé. La concurrence commence par augmenter les incitations des firmes à accroître leur avance, puis peut la réduire. Cette forme en U inversé peut aussi se retrouver pour les incitations à la R&D des firmes technologiquement en retard. Donc, dans une industrie ayant une forte asymétrie entre les deux firmes, une augmentation de la concurrence peut provoquer une baisse des dépenses de R&D des deux firmes.

Les auteurs étudient d'abord deux cas particuliers permettant des résolutions analytiques et utilisent ensuite des simulations numériques pour explorer le cas général. Le premier cas particulier correspond à des innovations très importantes. Cela revient à supposer, comme dans l'article de 1997, qu'une firme technologiquement en avance n'a plus intérêt à faire de R&D. On retrouve donc des résultats similaires à ceux d'Aghion et alii (1997) : un peu de concurrence et un peu d'imitation augmentent le taux de croissance de l'économie. Ces résultats sont liés à l'effet de composition : plus d'industries sont en situation de concurrence au coude à coude, ce qui augmente les incitations à la R&D. Le second cas particulier s'intéresse, à l'opposé, à des innovations très faibles. La véritable solution du modèle peut alors être approximée par des fonctions linéaires du nombre de degrés technologiques séparant les deux firmes. Le taux de croissance de l'économie devient alors une fonction croissante du degré de concurrence entre les firmes (avec une accélération forte lorsque les biens deviennent des substituts parfaits) et une fonction en U inversé du paramètre d'imitation h . Les auteurs utilisent ensuite des simulations numériques pour explorer le cas général. Les deux résultats qui sont toujours vérifiés sont : (1) en partant de biens indépendants, augmenter légèrement le degré de substituabilité des biens augmente toujours les dépenses de R&D des firmes et le taux de croissance de l'économie. Un peu de concurrence est toujours préférable à pas de concurrence du tout. (2) Une valeur très élevée de h est mauvaise pour la croissance. Si l'imitation est presque immédiate, les firmes arrêtent de faire de la R&D. Les effets de la variation du degré de concurrence entre les firmes lorsqu'il est déjà différent de zéro et du taux d'imitation lorsqu'il est initialement faible sur le taux de croissance de l'économie sont plus ambigus et nécessitent des simulations. Dans la plupart des cas, le taux de croissance de l'économie est une fonction en U inversé du paramètre d'imitation h . Cependant, lorsque le degré de concurrence entre les firmes est fort et lorsque la taille des innovations n'est pas trop importante, il est possible que le taux de croissance de l'économie soit une fonction (toujours) décroissante de h . Dans la plupart des cas, le taux de croissance de l'économie est une fonction croissante du degré de concurrence entre les firmes. Des biens plus substituables augmentent les dépenses de R&D des firmes. Pour certaines valeurs des paramètres, cependant,

la relation peut prendre la forme d'un U inversé.

2.4.3 Firmes multiproduits

Lin et Zhou (2013) étudient les efforts de réduction de coûts de firmes produisant plusieurs biens. Ils s'intéressent particulièrement à la répartition des efforts de R&D entre les différents produits de la gamme.

Le modèle comprend deux étapes. Lors de la première, les firmes choisissent des efforts de R&D pour réduire les coûts unitaires de production de leur bien. Lors de la seconde, les firmes se livrent une concurrence en quantités à la Cournot. Les deux firmes (A et B) produisent chacune deux biens substituables (a et b). La demande inverse pour le bien i est égale à :

$$p_i = v - (q_i^A + q_i^B) - \gamma (q_j^A + q_j^B)$$

La firme A [B] dispose initialement d'un avantage pour la production du bien a [b]. Le coût unitaire initial de production du bien a [b] pour la firme A [B] est égal à c_l tandis que son coût de production pour le bien b [a] est égal à $c_h > c_l$. Le produit a est considéré comme le produit "coeur" pour la firme A. Les firmes peuvent réduire le coût unitaire d'un des biens de leur gamme d'un montant x en dépensant βx en R&D. Les firmes peuvent poursuivre des programmes de réduction de coût pour leurs deux produits, mais ces programmes sont menés de façons totalement indépendantes. Il n'y a pas d'économies ou de déséconomies de gamme.

Avant d'étudier le cas du duopole, les auteurs présentent le cas du monopole. Seule la firme A est présente dans l'industrie. La firme A investit plus dans son produit "coeur" que dans le produit b : $x_a > x_b$. Les choix de R&D de la firme accroissent son avantage dans la production de son produit coeur. La firme produit une quantité plus importante du bien le moins coûteux à produire. C'est donc pour ce bien que les investissements en réduction de coût sont les plus rentables. L'écart initial a donc tendance à s'accroître. Les auteurs trouvent aussi que le rapport x_a/x_b augmente lorsque les biens deviennent plus substituables. Plus les biens sont proches, plus l'effet cannibalisation est important. Une augmentation de x_a augmente la production du bien a et donc incite la firme à moins produire l'autre bien et donc à baisser x_b . Une réduction de la différenciation entre les deux biens augmente l'effet cannibalisation et pousse la firme à se spécialiser et à polariser ses efforts de R&D.

On va retrouver des effets similaires dans le cas du duopole. Chacune des firmes investit plus dans son produit coeur que dans l'autre produit. Cela renforce les avantages comparatifs initiaux des firmes. Lorsque la firme A augmente x_a^A , elle augmente sa production de bien a et diminue sa production de bien b . La réaction de sa concurrente est d'augmenter sa production de bien b et de réduire sa production de bien a . La firme B est donc incitée à réduire ses investissements en R&D pour le bien a et à les augmenter pour le bien b lorsque x_a^A augmente. Les investissements en R&D des firmes sont donc des substituts stratégiques lorsqu'on considère le même bien et des compléments stratégiques si on considère des biens différents. Comme pour le

monopole, les investissements de R&D des firmes deviennent plus spécialisés lorsque la différenciation entre les deux biens diminue (γ augmente). Le rapport x_a/x_b choisi par la firme A est aussi plus élevé dans le cas du duopole que dans le cas du monopole. Une concurrence plus intense (augmentation de γ ou passage du monopole au duopole) incite les firmes à plus spécialiser leurs investissements en R&D. Les firmes privilégient plus leur produit coeur lorsque la concurrence augmente⁷.

Les auteurs étudient ensuite le cas où les firmes choisissent coopérativement leurs efforts de R&D lors de la première étape tout en continuant à se faire concurrence lors de la seconde étape. Les firmes choisissent des programmes de R&D plus spécialisés (que lorsqu'elles se font concurrence aussi en R&D) lorsque γ est faible. Les firmes internalisent les externalités de leurs programmes de R&D. Cela les incite à réduire leurs dépenses de R&D et à essayer de différencier plus fortement leurs avantages comparatifs en augmentant la spécialisation de ces programmes de R&D. Si γ est suffisamment élevé, les firmes spécialisent totalement leurs programmes de R&D. Chacune n'investit que dans la réduction du coût de son produit coeur (et n'investit pas du tout dans l'autre produit). A nouveau, une augmentation de γ entraîne des efforts de R&D plus spécialisés.

Les auteurs modifient un peu les fonctions de demande pour étudier le cas où la concurrence est en prix à la Bertrand. Les fonctions de demande inverse sont maintenant de la forme :

$$p_i^A = v - \eta (q_i^A + \theta q_i^B) - \gamma (q_j^A + \theta q_j^B)$$

Les résultats qualitatifs ne sont pas modifiés. Une augmentation de γ ou de θ pousse les firmes à choisir des programmes de R&D plus spécialisés. Les formes de R&D deviennent plus spécialisés lorsque la différenciation des biens (entre les firmes ou entre les marchés) diminue. Les auteurs trouvent aussi que la spécialisation des programmes de R&D est plus élevée lorsque les firmes se font concurrence en prix que lorsqu'elles se font concurrence en quantités. On retrouve donc toujours la même conclusion : plus de concurrence entraîne des programmes de R&D plus spécialisés.

2.4.4 Profits relatifs et réduction de coût

Matsumura, Matsushima et Cato (2013) s'intéressent aux dépenses de R&D dans un duopole où les firmes se livrent une concurrence en quantités à la Cournot. L'originalité de l'article est d'introduire une fonction objectif différente pour les firmes. La firme i [j] cherche à maximiser $\pi_i - \alpha\pi_j$ [$\pi_j - \alpha\pi_i$] avec $\alpha \in [-1, 1]$. Chacune des firmes prend donc en compte non seulement son profit mais aussi celui de sa concurrente.

Les auteurs avancent quelques arguments pour justifier cette modélisation non conventionnelle : (1) les managers peuvent recevoir des contrats d'incitations qui dépendent de la comparaison des profits des firmes, (2) l'économie expérimentale a montré que les personnes étaient soumises à l'envie ou à l'altruisme, (3) des

⁷Les auteurs notent que les résultats sont identiques si on remplace l'avantage en coût de chacune des firmes pour l'un des produits, par un avantage en qualité (modélisé par un v plus élevé) pour le produit coeur.

modélisations similaires sont utilisées dans certains articles de relations internationales. Cette première série d'arguments vient en appui d'une interprétation de α comme un paramètre d'altruisme ou d'égoïsme. Un second argument avancé par les auteurs est qu'une variation de α peut être interprétée comme une variation du degré de concurrence entre les firmes. $\alpha = 0$ correspond au modèle traditionnel de Cournot ; $\alpha = -1$ correspond à la maximisation des profits joints donc à un cartel ; $\alpha = 1$ conduit les firmes à choisir les quantités qui égalisent prix et coût marginal, donc cette valeur correspond à un équilibre concurrentiel. Avec ce second argument, les auteurs présentent leur modélisation comme une alternative aux variations conjecturales. Avec une modélisation simple, on peut balayer toute une série de situations dont le monopole, le duopole de Cournot et la concurrence parfaite.

Le modèle comprend deux étapes. Lors de la première, les firmes choisissent un niveau de R&D I_i qui détermine leur coût unitaire de production. Lors de la seconde étape, les firmes se livrent une concurrence en quantités. Les auteurs s'intéressent aux variations des I_i lorsque α varie. Ils trouvent une relation en U lorsque α varie de -1 à 1 ⁸. Les investissements en R&D commencent par décroître, atteignent un minimum pour $\alpha = 1/3$ puis augmentent avec α . Cette non monotonie est due à l'addition de deux effets opposés. La production des firmes à la seconde étape est une fonction croissante de α (pour un coût unitaire donné). Les firmes produisent plus lorsque α augmente. Il y a donc un effet coût qui pousse à augmenter I . La réduction du coût unitaire s'appliquera à plus d'unités. L'autre effet est un effet stratégique. Les firmes augmentent I pour inciter l'autre firme à réduire sa production. L'autre firme réagit moins à la production de la première lorsque α augmente. L'effet stratégique diminue lorsque α augmente et tend à réduire les investissements en R&D. L'effet stratégique domine l'effet coût lorsque α est faible. I est alors une fonction décroissante de α . L'effet coût domine lorsque α est supérieur à $1/3$. I devient alors une fonction croissante de α .

Les auteurs comparent ensuite les niveaux I obtenus à l'équilibre du jeu et ceux de l'optimum de second rang (dans lequel l'Etat choisit I , mais ne peut pas influencer le jeu de la seconde étape). Le niveau de R&D de l'optimum de second rang est une fonction croissante de α sur l'ensemble de l'intervalle. Ce niveau est inférieur [supérieur] à celui de l'équilibre lorsque $\alpha < 0$ [$1 > \alpha > 0$]. Les deux niveaux sont égaux pour $\alpha = 1$. La R&D a tendance à être excessive sur des marchés très peu concurrentiels et à être trop faible lorsque les marchés deviennent concurrentiels.

Les auteurs étendent ensuite leur analyse au cas d'un oligopole comprenant $n \geq 3$ firmes. Ils supposent que chacune des firmes maximisent sont profits moins α fois la moyenne des profits des autres firmes. I continue d'être une fonction en U de α . Le minimum est atteint pour $\alpha = (n - 1)^2 / (n + 1)$. Ce minimum est une fonction croissante de n . Donc une augmentation de α a plus de chance de réduire I si n est plus grand. L'augmentation de n renforce l'effet stratégique et diminue l'effet coût. La R&D est toujours supérieure à celle de l'équilibre de second rang pour $\alpha \in]-1, 1[$. Elle est inférieure si on considère des valeurs plus élevées de α .

⁸Aghion et alii (2005) trouvent empiriquement une relation exactement inverse : U inversé. Les auteurs citent cependant Flath (2011) en appui de leur résultat.

La dernière extension présentée par les auteurs consiste à supposer que les firmes choisissent leur niveau de R&D à l'étape 1 de façon coopérative (pour maximiser les profits joints) et continuent de se faire concurrence à l'étape 2. Pour cette extension, les auteurs reviennent au cas du duopole. I est une fonction décroissante de α sur l'ensemble de l'intervalle $[-1, 1]$. Les firmes choisissent de faire très peu de R&D lorsque le marché est concurrentiel. Le prix tendra toujours vers le coût marginal. Réduire le coût marginal ne permet alors pas d'augmenter les profits. En revanche, la R&D permet d'augmenter les profits lorsque la concurrence est faible.

2.4.5 Augmentation de la qualité et nombre de firmes

Dubey et Wu (2002) présentent un modèle dans lequel une firme choisit d'innover si le nombre de firmes n est intermédiaire, mais aucune firme n'innove si n est faible ou grand. Les hypothèses du modèle sont les suivantes. Le jeu comprend deux étapes. Lors de la première, chacune des firmes choisit de tenter ou non d'innover pour améliorer la qualité de son produit. Lors de la seconde, les firmes se livrent une concurrence à la Cournot. Les consommateurs forment un continuum de longueur 1. Un consommateur $x \in [0, 1]$ est disposé à payer x pour une unité de qualité faible et βx pour une unité de qualité élevée ($\beta > 1$). Pour produire la qualité élevée, une firme doit innover. Pour cela, elle doit lancer un programme de R&D, ayant un coût k . Ce programme permet à la firme de mettre au point la qualité élevée avec une probabilité μ . Si la firme échoue dans son programme de R&D, elle continue de produire la qualité faible. Les auteurs posent $c = 0$ (coût marginal de production. Identique pour les deux niveaux de qualité), $k = 0,154$, $\beta = 2,2$ et $\mu = 0,5$. Pour ces valeurs, une firme choisit de tenter d'innover si $n = 3$. Si $n \neq 3$, aucune firme ne choisit de tenter d'innover. L'intuition proposée par les auteurs est la suivante. Si n est faible, le prix d'équilibre de la qualité faible est élevé. Les profits des firmes sont déjà élevés et innover ne permet pas de les accroître beaucoup. Les firmes n'ont pas d'incitations à innover. Si n est élevé, la concurrence entre les firmes est forte. Le prix d'équilibre de la qualité faible est très faible. Les deux niveaux de qualité étant des substituts, le prix de la qualité élevée ne pourra pas être très élevé car il fait face à une forte concurrence du bien de qualité faible. Aucune firme n'a alors intérêt à innover. Les conditions les plus favorables pour innover sont obtenues pour une concurrence intermédiaire. Le fait qu'une firme change de qualité réduit sensiblement la concurrence sur le segment de faible qualité et permet de fixer un prix suffisamment élevé sur le segment de la qualité élevée pour rendre la tentative d'innovation profitable.

2.4.6 Possibilité de vendre l'innovation

Norbäck et Persson (2012) montrent qu'il est possible qu'une augmentation de la concurrence accroisse les incitations à innover lorsque l'innovation est développée par un entrepreneur extérieur à l'industrie et pouvant vendre son innovation à une des firmes en place.

Le modèle comprend n firmes en place et un entrepreneur extérieur à l'industrie. A l'étape 1, l'entrepreneur

choisit un niveau d'effort qui détermine la probabilité que l'innovation soit développée avec succès. A l'étape 2, si l'innovation a été développée avec succès, chacune des firmes en place peut faire une offre d'achat sur l'innovation. Les offres sont simultanées. L'entrepreneur observe les offres et décide d'accepter la meilleure ou de payer un coût fixe F pour créer une entreprise et exploiter lui même son innovation. A l'étape 3, si l'innovation a été mise en place, les entreprises en place qui n'ont pas acquis l'innovation décide de quitter l'industrie ou de payer un coût fixe $f < F$ pour rester active. A l'étape 4, les firmes se font concurrence.

Les fonctions de profits de l'étape 4 sont des formes réduites assez générales. Les auteurs utilisent cependant un exemple où les firmes se livrent une concurrence à la Cournot avec des biens différenciés pour illustrer certains de leurs résultats ou aller plus loin lorsque les formes générales donnent des résultats ambigus.

Une augmentation de la concurrence⁹ diminue les profits des firmes, toutes choses égales par ailleurs. Une augmentation de la concurrence diminue donc les profits de l'entrepreneur s'il décide d'entrer dans cette industrie en développant lui même son innovation. Donc, si l'innovation ne peut pas être vendue à une firme en place, les incitations à innover diminuent lorsque la concurrence augmente.

Si l'innovation est destinée à être vendue les choses peuvent être différentes. Il est possible que le prix que sont prêtes à payer les autres firmes pour acheter l'innovation augmente lorsque la concurrence augmente. Selon les valeurs des paramètres, ce prix est égal à l'une ou l'autre des deux différences suivantes. (1) La différence entre le profit obtenu par une firme en place si elle achète l'innovation et le profit obtenu par l'entrepreneur s'il conserve l'innovation pour lui et entre dans l'industrie. (2) La différence entre le profit obtenu si elle achète l'innovation et le profit qu'elle obtient si l'innovation est achetée par une firme concurrente. Une augmentation de la concurrence diminue les deux profits de chacune de ces deux différences. Il est cependant possible que ces différences augmentent parce que le second terme diminue moins vite que le premier. Dans ce cas, les incitations de l'entrepreneur à innover augmentent lorsque la concurrence augmente.

On peut noter que lorsqu'une firme achète l'innovation pour dissuader l'entrée de l'entrepreneur, il est possible que cette firme réalise à l'équilibre un profit plus faible que ses concurrentes. L'innovation ne donne pas un réel avantage à la firme qui l'achète, mais l'achat est justifié car il permet de bloquer l'entrée de l'entrepreneur.

Il reste à déterminer les zones où l'entrepreneur choisit d'implémenter lui même l'innovation et celles où il choisit de la vendre. Les auteurs montrent que l'entrepreneur choisit de développer lui même l'innovation lorsque la concurrence dans l'industrie est faible et il choisit de la vendre lorsque la concurrence est forte. Le prix est d'abord donné par la différence (1) pour les degrés de concurrence intermédiaire puis par la différence (2) lorsque la concurrence est très forte.

Les incitations à innover peuvent donc avoir une forme en U et donc le taux d'innovation peut prendre

⁹Une augmentation de la concurrence peut prendre différentes formes : augmentation du nombre de firmes en place, réduction de la différenciation des produits, etc.

une forme de U inversé lorsque le degré de concurrence change.

Les auteurs s'intéressent ensuite à l'impact de la politique de la concurrence sur les incitations à innover. Ils modélisent la politique de la concurrence comme un nombre minimal de firmes actives dans l'industrie. Les fusions sont autorisées jusqu'à ce qu'il reste m firmes dans l'industrie. Elles sont ensuite interdites. Cependant si l'entrepreneur entre dans l'industrie en créant sa propre firme, une fusion supplémentaire est autorisée, ce qui ramène le nombre de firmes actives à m . Si m est faible, la concurrence est faible et l'entrepreneur choisit d'entrer dans l'industrie. Si m est plus élevé, la concurrence est forte et l'entrepreneur préfère vendre son innovation. Une politique de la concurrence plus restrictive (imposant un m plus élevé) peut augmenter les incitations à innover de l'entrepreneur. Les auteurs utilisent leur exemple où les firmes se livrent une concurrence à la Cournot avec des biens différenciés. Dans ce modèle, les incitations à innover sont une fonction en U inversé de m . Lorsque $m = 1$ l'entrepreneur obtient un prix plus faible de la vente de son innovation que lorsque $m = 2$. En revanche, ce prix diminue si m augmente au delà de deux. Les incitations à innover sont donc maximales lorsque $m = 2$.

Dans la dernière section, l'auteur discute quelques extensions possibles. Il montre que la possibilité que l'augmentation de la concurrence augmente les incitations à innover lorsque l'entrepreneur peut vendre son innovation continue d'exister lorsque l'entrepreneur peut concéder des licences à plusieurs firmes en place, lorsque les firmes en place produisent plusieurs variétés du bien (et peuvent utiliser l'innovation pour réduire les coûts de production de l'ensemble de leur gamme) et lorsqu'il existe des synergies entre l'innovation et les actifs détenus par les firmes en place.

2.5 Imitation

Benoit (1985) étudie un modèle de duopole où l'une des firmes peut imiter une innovation introduite par l'autre firme. Il montre que les résultats de ce modèle sont non monotones. Dans ce modèle, la firme 1 possède une idée d'innovation. Pour mettre en oeuvre cette innovation, la firme doit payer un coût fixe F et attendre N périodes pour que l'innovation soit opérationnelle. Les résultats de cette innovation dépendent d'une variable aléatoire X , qui peut prendre deux valeurs. Si la firme 1 décide de développer cette innovation, cette dernière devient observable par la firme 2 à l'issue des N périodes nécessaires pour mettre en oeuvre l'innovation. La firme 2 peut alors décider d'imiter immédiatement l'innovation de la firme 1. Elle doit alors payer le coût fixe F et attendre N périodes pour que l'innovation soit opérationnelle. La firme 2 peut aussi décider d'attendre K périodes pour connaître la véritable valeur de X et décider, ensuite, si elle imite ou non l'innovation. Enfin, la firme 2 peut décider de ne jamais développer l'innovation. L'innovation augmente plus les profits de la firme 1 si elle est la seule à l'avoir développée. La firme 1 préfère donc que la firme 2 développe l'innovation le plus tard possible. La décision de la firme 2 de reporter le lancement du développement de l'innovation de K périodes pour apprendre la valeur de X ou la décision de renoncer à développer l'innovation augmentent l'espérance de profit de la firme 1 et son incitation à

développer l'innovation. Il en résulte qu'une augmentation de F ou un accroissement de la valeur de X qui incite la firme 2 à retarder ou à annuler le développement de son innovation incite la firme 1 à développer son innovation. La décision initiale d'investissement de la firme 1 est donc une fonction non monotone de la valeur de certains des paramètres du modèle. Une augmentation de F peut, pour certaines valeurs des paramètres, inciter la firme 1 à investir alors qu'elle ne l'aurait pas fait pour une valeur de F plus faible. Une réduction de la probabilité de succès de l'innovation peut aussi conduire la firme 1 à lancer un projet de R&D qu'elle aurait abandonner s'il avait eu une probabilité de succès plus élevée. Car un F plus élevé et une probabilité de succès plus faible réduisent les incitations de la firme 2 à imiter l'innovation de la firme 1 et donc augmentent, pour certaines valeurs des paramètres du modèle, les incitations de la firme 1 à développer l'innovation.

3 Course au brevet

3.1 Modèles sans mémoire

3.1.1 Loury (1979)

Hypothèses et notations : n firmes identiques sont en concurrence pour obtenir un brevet. Ce brevet permet de recevoir un flux de profit égal à V .

Le taux d'actualisation des firmes est égal à r .

Le processus de R&D est modélisé de la façon suivante : les firmes choisissent simultanément dès le début du jeu le coût qu'elles souhaitent consentir pour leur programme de R&D. Si la firme i choisit un coût x_i , la date à laquelle elle aura fini de mettre au point l'innovation est une variable aléatoire notée $\tau(x_i)$.

La fonction de distribution de cette variable aléatoire est :

$$P[\tau(x_i) \leq t] = 1 - e^{-h(x_i)t}$$

La variable aléatoire $\tau(x_i)$ a donc une distribution exponentielle et l'espérance de la date d'innovation de la firme i est égale à :

$$E[\tau(x_i)] = \frac{1}{h(x_i)}$$

Si la firme n'a pas innové à la date t , la probabilité qu'elle innove avant la date $t + dt$ est égale à $h(x_i) dt$, où dt tend vers 0.

On suppose¹⁰ :

$$\begin{aligned} h(0) &= 0, & \lim_{x \rightarrow \infty} h'(x) &= 0 \\ h''(x) &\begin{cases} \geq 0 \\ \leq 0 \end{cases} & \text{lorsque } x &\begin{cases} \leq \bar{x} \\ > \bar{x} \end{cases} \end{aligned}$$

Le processus de R&D est donc à rendements d'échelle croissants jusqu'au niveau \bar{x} (qui peut être égal à 0) ; il est ensuite à rendements d'échelle décroissants.

On note \tilde{x} le niveau de R&D qui maximise le rapport $h(x)/x$.

On note $\hat{\tau}_i$ la date à laquelle la première firme, autre que la firme i , innove.

$$\hat{\tau}_i = \min_{1 \leq j \neq i \leq n} \{\tau(x_j)\}$$

On suppose qu'il n'y a pas d'externalités des programmes de R&D des firmes vers les autres firmes. Les dates d'innovation des différentes firmes ont donc des distributions indépendantes. D'où :

$$P[\hat{\tau}_i \leq t] = 1 - \exp\left\{-t \sum_{i \neq j} h(x_j)\right\} = 1 - e^{-a_i t} \quad \text{où} \quad a_i \equiv \sum_{i \neq j} h(x_j)$$

On peut maintenant calculer la probabilité que la firme i innove avant la date t et qu'aucune autre firme n'ait innové avant elle :

$$\begin{aligned} P[\tau(x_i) \leq \min(\hat{\tau}_i, t)] &= e^{-a_i t} \left(1 - e^{-h(x_i)t}\right) + a_i \int_0^t \left(1 - e^{-h(x_i)s}\right) e^{-a_i s} ds \\ &= \frac{h(x_i)}{a_i + h(x_i)} \{1 - \exp[-t(a_i + h(x_i))]\} \end{aligned}$$

????

Résolution : Le programme de maximisation du profit d'une firme s'écrit donc :

$$\max_x \left[\frac{Vh(x)}{r(a_i + r + h(x))} - x \right] \equiv \max_x \Pi(a_i, x; V, r)$$

La solution \hat{x} de ce programme doit vérifier les deux conditions suivantes :

$$\begin{aligned} \text{CO1} &: \quad \frac{h'(\hat{x})(a+r)}{[a+r+h(\hat{x})]^2} - \frac{r}{V} = 0 \\ \text{CO2} &: \quad h''(\hat{x})(a+r+h(\hat{x})) - 2h'(\hat{x})^2 \leq 0 \end{aligned}$$

¹⁰Lire :

$$\begin{aligned} h''(x) &> 0 & \text{si et seulement si } x < \bar{x} \\ h''(x) &= 0 & \text{si et seulement si } x = \bar{x} \\ h''(x) &< 0 & \text{si et seulement si } x > \bar{x} \end{aligned}$$

????

La condition de premier ordre définit la fonction implicite suivante :

$$\hat{x} = \hat{x}(a, r, V)$$

Les propriétés de cette fonction sont décrites dans Kamien et Schwartz (1976).

On utilise maintenant la symétrie des firmes. A l'équilibre, toutes les firmes choisissent le même niveau, x^* , de R&D. On a donc : $a = (n - 1) h(x^*)$.

Il vient :

$$x^* = \hat{x}((n - 1) h(x^*), r, V)$$

Cette équation définit implicitement la fonction donnant le niveau de R&D des firmes : $x^* = x^*(n, r, V)$.

On peut, maintenant, étudier comment ce niveau varie lorsque le nombre de firmes varie.

$$\frac{\partial x^*}{\partial n} = \frac{\frac{\partial \hat{x}}{\partial a} h(x^*)}{1 - (n - 1) h'(x^*) \frac{\partial \hat{x}}{\partial a}} < 0 \quad \text{car} \quad \frac{\partial \hat{x}}{\partial a} < 0$$

On obtient donc le résultat suivant :

Proposition 1 *Le niveau de R&D de chaque firme diminue lorsque le nombre de firmes augmente.*

On s'intéresse maintenant à l'impact du nombre de firmes sur l'espérance de la date à laquelle l'innovation intervient.

Cette date est égale à la variable aléatoire :

$$\tau(n) \equiv \min_{1 \leq i \leq n} \{\tau(x_i^*)\}$$

A l'équilibre :

$$E[\tau(n)] = \frac{1}{nh[x^*(n, r, V)]}$$

En dérivant, on obtient :

$$\begin{aligned} \frac{d}{dn} nh[x^*(n, r, V)] &= h[x^*(n, r, V)] + nh'[x^*(n, r, V)] \frac{\partial x^*}{\partial n} \\ &= h[x^*(n, r, V)] \left[1 + \frac{nh'[x^*(n, r, V)] \frac{\partial \hat{x}}{\partial a}}{1 - (n - 1) h'[x^*(n, r, V)] \frac{\partial \hat{x}}{\partial a}} \right] \end{aligned}$$

D'où :

$$\frac{d}{dn} nh[x^*(n, r, V)] \gtrless 0 \quad \text{lorsque} \quad -h'[x^*(n, r, V)] \frac{\partial \hat{x}}{\partial a} \gtrless 1$$

$-h'[x^*(n, r, V)] \frac{\partial \hat{x}}{\partial a}$ donne la réduction du niveau de R&D des firmes lorsque l'une des firmes augmente son niveau de R&D de 1. Pour que l'équilibre soit stable, ce montant doit être inférieur à 1. On en déduit :

Proposition 2 *Lorsque le nombre de firmes augmente, l'espérance de la date d'introduction de l'innovation diminue.*

Libre entrée : L'auteur suppose ensuite que le nombre de firmes actives à l'équilibre est déterminé par une condition d'espérance de profit nulle. La première firme à innover réalise *ex post* des profits strictement positifs tandis que les autres firmes font des pertes.

Si le processus de R&D est toujours à rendements décroissants alors une infinité de firmes entre sur le marché.

Pour que le nombre de firmes actives soit un nombre fini, il faut supposer qu'initialement le processus de R&D est à rendements croissants ($\bar{x} > 0$).

L'auteur montre que l'espérance de profit des firmes est une fonction décroissante du nombre de firmes et qu'à l'équilibre de long terme $x^* < \tilde{x}$. Il reste donc des "capacités excédentaires" dans le processus de R&D.

Analyse de bien-être : Il y a trois raisons pour lesquelles le niveau de R&D dans l'industrie peut être différent du niveau socialement optimal.

(1) le gain des firmes peut être différent du gain social. Les firmes peuvent ne pas être en mesure de capter tous le surplus des consommateurs et donc leur gain peut être inférieur au gain social. Dans ce cas, leur niveau de R&D aura tendance à être trop faible. Le gain des firmes peut aussi être supérieur au gain social. Cela peut être le cas par exemple si la firme n'internalise pas des externalités négatives (pollution, perte de profits pour les autres firmes, diminution du surplus des consommateurs, etc). Les firmes ont alors tendance à faire trop de R&D.

(2) Le deuxième problème vient de la **duplication des efforts** par les firmes. Pour la société, l'identité de la firme qui innove la première n'a pas d'importance. Mais pour chaque firme, il est important de devancer les autres firmes. Le fait pour une firme d'innover un peu avant une de ses concurrentes a plus d'importance pour cette firme que pour la société. Les firmes ont donc tendance à faire trop de R&D.

(3) Les firmes entrent dans l'industrie jusqu'à ce que l'espérance de leur profit soit nul. Si le gain de l'innovation pour les firmes est égal au gain pour la société alors le processus d'entrée dissipe la totalité du gain social de l'innovation. A l'équilibre de long terme, le nombre de firmes actives est trop important. Socialement, il serait préférable d'avoir moins de firmes et d'exploiter totalement les économies d'échelle permises par le processus de R&D.

3.1.2 Lee et Wilde (1980)

Dans le modèle de Loury (1979), les dépenses de R&D étaient choisies simultanément par les firmes dès le début du jeu et elles ne pouvaient plus être modifiées. Elles étaient notamment indépendantes de la date à laquelle survenait effectivement l'innovation. Lee et Wilde (1980) modifient ce modèle en supposant que les dépenses de R&D sont un flux qui peut être modifié à tout moment et, notamment, les dépenses de R&D peuvent être ramenées à 0 dès qu'une des firmes a innové. La modification de cette hypothèse change certains des résultats de Loury (1979).

Les notations des deux articles sont identiques à l'exception que Lee et Wilde (1980) considère que le gain d'une firme ayant obtenu le brevet est égal à V (V/r dans l'article de Loury). Lee et Wilde (1980) supposent aussi que les firmes doivent acquitter un coût fixe F avant de pouvoir se lancer dans la course à l'innovation.

L'espérance des bénéfices obtenus grâce au programme de R&D est égale à :

$$EB = \int_0^{\infty} P(\hat{\tau}_i = t) \left\{ \int_0^t P(\tau = s) V e^{-sr} ds \right\} dt = \int_0^{\infty} a e^{-at} \left\{ \int_0^t h e^{-hs} e^{-sr} ds \right\} dt = \frac{Vh}{a+h+r}$$

L'espérance des coûts est la suivante :

$$\begin{aligned} EC &= \int_0^{\infty} \left\{ \int_0^t x e^{-sr} ds \right\} P(\hat{\tau}_i = t \text{ ou } \tau_i = t) dt + F \\ &= \int_0^{\infty} \left\{ \int_0^t x e^{-sr} ds \right\} (a+h) e^{-(a+h)t} dt + F = \frac{x}{a+h+r} + F \end{aligned}$$

L'espérance des profits est obtenue en faisant la différence entre ces deux expressions :

$$E\pi = EB - EC = \frac{Vh - x}{a+h+r} - F$$

La condition de premier ordre de maximisation du profit des firmes est :

$$\frac{\partial E\pi}{\partial x} = \frac{(a+r)(Vh' - 1) - (h - xh')}{(a+h+r)^2} = 0$$

Cette condition implique que pour l'effort de R&D optimal, on a :

$$V = \frac{a+h+r - xh'}{(a+r)h'}$$

En substituant cette expression dans la formule de l'espérance du profit, on obtient :

$$E\pi = \frac{h - xh'}{(a+r)h'} - F$$

On s'intéresse à la réaction d'une firme à un accroissement de l'effort de R&D de ses concurrentes :

$$\frac{d\hat{x}}{da} = \frac{-(Vh' - 1)}{[(a + r)V - x]h''}$$

Pour que les profits soient positifs, on doit avoir $h - xh' > 0$. Or, la condition de premier ordre de maximisation du profit implique que $Vh' - 1$ a le même signe que $h - xh'$. Et, à l'optimum, on a $h'' < 0$. On en déduit :

$$\frac{d\hat{x}}{da} > 0$$

Dans ce modèle, **les efforts de R&D des firmes sont des compléments stratégiques**. Ce résultat est l'opposé de celui obtenu dans le modèle de Loury (1979).

Après avoir analysé le comportement d'une firme, on s'intéresse à l'équilibre de l'industrie. Les firmes sont symétriques, on a donc : $a = (n - 1)h(\hat{x})$. On va noter $\hat{x} = H(a)$ la solution implicite de l'équation : $\partial E\pi/\partial x = 0$. A l'équilibre, on a :

$$\hat{x} = H[(n - 1)h(\hat{x})]$$

D'où :

$$\frac{d\hat{x}}{dn} = \frac{\frac{\partial H}{\partial a}h}{1 - \left(\frac{\partial H}{\partial a}\right)(n - 1)h'}$$

$\frac{\partial H}{\partial a} = \frac{d\hat{x}}{da} > 0$ donc $\frac{d\hat{x}}{dn}$ a le même signe que $1 - \left(\frac{\partial H}{\partial a}\right)(n - 1)h'$. On suppose que ce dernier terme est strictement positif. On a donc $\frac{d\hat{x}}{dn} > 0$.

Proposition 3 *En supposant $1 - \left(\frac{\partial H}{\partial a}\right)(n - 1)h' > 0$, l'investissement en R&D des firmes augmente lorsque le nombre de firmes augmente.*

Une conséquence de cette proposition est :

Corollary 4 *Une augmentation du nombre de firmes conduit à une innovation plus rapide (en espérance).*

Ce second résultat est qualitativement identique à celui de Loury (1979). Lee et Wilde (1980) montrent ensuite que, dans ce modèle, les firmes ont de nouveau tendance à faire trop de R&D (en supposant que le gain privé de l'innovation V est égal au gain social).

3.1.3 Choix séquentiel

3.1.4 Le vainqueur ne prend pas tout

Dans les deux modèles précédents, le vainqueur de la course au brevet d'emparait de la totalité du gain. Ce n'est pas forcément le cas dans toutes les industries.

Stewart (1983) étudie le cas où le vainqueur obtient une proportion σ du gain total tandis que la proportion restante est partagée entre les autres firmes. [à lire !].

Delbono et Denicolo (1991) étudient une course pour obtenir un brevet sur une technologie permettant de diminuer le coût unitaire de production dans une industrie où les firmes se livrent une concurrence en quantités à la Cournot. Leurs hypothèses sont similaires à celles de Lee et Wilde (1980) mais les firmes obtiennent déjà un flux de profit avant que l'innovation ne soit réalisée et les "perdants" continuent de percevoir des profits après que l'innovation a été brevetée par le vainqueur. L'innovation permet à une firme d'obtenir un coût de production plus faible, cela augmente ses profits mais cela n'exclut pas nécessairement les autres firmes. Ces dernières voient cependant leurs profits baisser. L'existence de profit avant l'innovation et la persistance de profit pour les firmes ayant perdu la course à l'innovation ont tendance à diminuer les efforts des firmes et à retarder la date d'innovation. Ils peuvent aussi modifier les résultats qualitatifs de Lee et Wilde (1980). Delbono et Denicolo (1991) montrent que si les profits du vainqueur et des autres firmes après l'innovation sont indépendants du nombre de firms, n , alors les résultats qualitatifs de Lee et Wilde (1980) restent vérifiés. Notamment, une augmentation du nombre de firmes incite chacune des firmes à augmenter son effort de R&D. Une innovation drastique, qui permet à la firme qui innove d'éliminer ses concurrentes, remplit cette condition. Donc, dans le cas d'une innovation drastique, l'effort de R&D des firmes est une fonction croissante du nombre de firmes. Si l'innovation n'est pas drastique, avec une concurrence à la Cournot, les profits des firmes après l'innovation sont des fonctions décroissantes du nombre de firmes. Dans ce cas, les résultats du modèle sont ambigus. Les auteurs construisent un exemple dans lequel, pour certaines valeurs des paramètres, les efforts de R&D de chacune des firmes diminuent lorsque le nombre de firmes augmente. Il est même possible, pour certaines valeurs des paramètres, que la somme des efforts des firmes diminue lorsque le nombre de firmes augmente. L'innovation peut donc devenir plus tardive (en espérance) lorsque le nombre de firmes participant à la course à l'innovation augmente.

Les profits obtenus avant et après l'innovation peuvent aussi dépendre d'actions entreprises par les firmes. Lin (1998) suppose que le flux de profit obtenu par les firmes avant que l'innovation soit réalisée dépend d'actions choisies par les firmes au début du jeu. A la date 0, les deux firmes choisissent simultanément une action qui influence le niveau des profits des deux firmes jusqu'à ce que l'innovation soit réalisée. Ensuite, les firmes jouent un jeu analogue à celui décrit par Lee et Wilde (1980). Lin (1998) montre que les firmes ont tendance à ne pas être agressives dans le choix de leur action initiale pour augmenter le profit obtenu avant l'innovation par leur concurrente afin que cette dernière diminue ses efforts de R&D. L'auteur montre donc que la concurrence à la Cournot ou à la Bertrand est moins vive si elle précède une course à l'innovation.

3.1.5 L'impact de l'endettement des firmes

Jensen et Showalter (2004) étudient l'impact de l'endettement des firmes sur leurs dépenses de R&D. Ils étudient deux modèles inspirés de Loury (1979) et de Lee et Wilde (1980). Ils montrent que dans les deux modèles, les dépenses de R&D d'une firme sont une fonction décroissante de son niveau d'endettement. Dans

le premier modèle, les dépenses de R&D des firmes sont des substituts stratégiques. La dette a alors un effet stratégique négatif, si une firme s'endette, elle incite sa concurrente à augmenter ses dépenses de R&D. Les firmes essayent donc de ne pas recourir à l'endettement. Dans le second modèle, les dépenses de R&D sont des compléments stratégiques. La dette a alors un effet stratégique positif, lorsqu'une firme s'endette, elle réduit son flux de dépense de R&D et incite sa concurrente à faire de même. Les firmes choisissent un niveau d'endettement positif et l'endettement est un outil de collusion partielle pour modérer la concurrence en R&D¹¹.

3.1.6 Choix de projets

Les modèles précédents étudiaient le choix du montant des dépenses de R&D des firmes mais pas le choix de la nature de leur projet. Bhattacharya et Mookherjee (1986) et Klette et De Meza (1986) s'intéressent à cette question. Ils supposent qu'il existe plusieurs voies de recherche pour arriver à la même innovation. Ces voies diffèrent par leur niveau de risque. Formellement, l'espérance de la date d'innovation est la même pour les différents projets mais la variance de cette variable aléatoire change. Toutes choses étant égales par ailleurs, lorsque les distributions de probabilité des différents projets sont symétriques, les firmes choisissent les projets ayant la variance la plus grande, lorsqu'elles sont neutres au risque. Sous les mêmes hypothèses, un planificateur social ferait le même choix. Sous ces hypothèses, les choix des firmes concernant le niveau de risque des firmes est socialement optimal. Il est dans l'intérêt des firmes et de la société de choisir le niveau de risque le plus élevé possible. Deux effets expliquent ce résultat. Premièrement, comme les gains sont actualisés, le gain à avancer l'innovation d'un an avec une probabilité p est supérieur à la perte subie en retardant l'innovation d'un an avec la même probabilité p . Deuxièmement, choisir des niveaux de variance plus important pour chaque projet permet de diminuer l'espérance de la date d'innovation. Tous les agents préfèrent donc la variance la plus forte possible.

Pour éviter ce résultat extrême et obtenir des solutions intérieures, Bhattacharya et Mookherjee (1986) introduisent de l'aversion au risque et Klette et De Meza (1986) supposent que le coût des projets peut augmenter lorsque leur niveau de risque augmente. Chacune de ces hypothèses permet d'obtenir une solution intérieure et peut faire diverger les niveaux de risque choisis par les firmes des niveaux socialement optimaux. Dans les deux cas, les auteurs montrent que les firmes ont tendance à choisir des projets plus risqués que ceux qui seraient socialement optimal. Le résultat inverse peut être obtenu lorsque les distributions de probabilité ne sont pas symétriques.

Bhattacharya et Mookherjee (1986) étudient aussi le choix des niveaux de corrélation entre les projets des firmes. Les projets ont la même espérance et la même variance mais leur degré de corrélation varie. Les firmes peuvent donc choisir de suivre des voies de recherche assez proches de leurs concurrentes, dans ce cas, le degré de corrélation entre les dates d'innovation est élevé, ou de suivre des voies de recherche très différentes, le degré de corrélation entre les dates d'innovation est alors faible. Ce choix peut aussi prendre

¹¹Pour plus de détails sur ce modèle, voir le chapitre sur le financement des firmes.

la forme suivante, certaines pistes de recherche sont de notoriété publique et peuvent être suivies par toutes les firmes alors que d'autres pistes de recherche peuvent n'avoir été entrevues que par certaines firmes ou seules certaines firmes ont les compétences pour les suivre. Si les firmes décident de consacrer leurs recherches aux pistes connues de tous, le degré de corrélation des projets est élevé. Si les firmes suivent les pistes de recherche qu'elles sont les seules à connaître, le degré de corrélation est faible. Les auteurs montrent que les firmes choisissent les degrés de corrélation les plus faibles possibles. Elles ont donc tendance à choisir, dans la mesure du possible, des voies de recherche différentes de leurs concurrentes. Un planificateur social ferait le même choix ; il demanderait aux différents centres de recherche de suivre chacun une voie différente.

Kato (2005) suppose que les firmes doivent répartir un effort de R&D (dont le montant est exogène) entre deux projets de recherche. Le premier projet consiste à développer un nouveau produit. Ce projet est modélisé comme une course à l'innovation similaire à celle du modèle de Loury (1979). Le second projet consiste à diminuer le coût de production du bien existant. Cette diminution suit un processus déterministe. Sur ce second marché, les firmes se livrent une concurrence à la Cournot. Les innovations sur ce second marché étant marginales, elles ne peuvent pas être brevetées. L'auteur étudie comment cette répartition est affectée par le nombre (exogène) de firmes. Si le taux d'actualisation est faible (ou nul), la proportion des efforts consacrée au second projet est une fonction croissante du nombre de firmes. En revanche, lorsque le taux d'actualisation est important, le résultat est inversé.

Rosen (1991) associe, dans un même modèle, le choix d'un niveau d'effort et d'un niveau de risque du projet de R&D. Dans ce modèle, deux firmes se livrent une concurrence à la Cournot et l'une des firmes a, initialement, un coût de production unitaire plus faible que sa concurrente. Avant de se livrer une concurrence en quantités, les firmes choisissent un projet de R&D. Formellement, elles choisissent simultanément la valeur de deux variables u^i et α^i . La première variable est le niveau de l'effort consenti. La seconde variable représente le design du projet. La réussite des projets des firmes est aléatoire. La firme i réussit à mener à bien son projet avec la probabilité $u^i \alpha^i$. Si le projet de la firme i réussit, le coût unitaire de la firme i diminue du montant $\gamma(\alpha^i)$. Ce montant est une fonction décroissante de α^i . Choisir une valeur plus élevée de α^i augmente donc la probabilité de réussite du projet mais diminue le gain obtenu en cas de réussite. Les projets des firmes sont indépendants et il n'y a pas de brevet. Les deux firmes peuvent donc réussir, ou échouer toutes les deux. La diminution du coût unitaire pouvant être obtenue ne dépend que de α^i , et donc ne dépend pas du niveau de coût initial. Il n'est donc pas plus difficile pour la firme qui a le coût le plus faible de le diminuer.

Pour bien comprendre les effets à l'oeuvre dans ce modèle, l'auteur étudie d'abord le choix des niveaux d'effort en supposant que les designs des projets sont exogènes. Il se livre, ensuite, à l'exercice inverse. Enfin, il étudie les deux choix simultanément. Si les deux firmes ont le même α , alors la firme qui réalise l'effort le plus important est celle qui a initialement le coût le plus faible. La firme qui a le coût initial le plus faible produit (en espérance) plus que sa concurrente, elle tire donc un bénéfice plus important d'une réduction de son coût de production. Elle choisit donc un niveau d'effort plus important. Si les niveaux

d'effort des deux firmes sont exogènes et fixés au même niveau, alors la firme qui a initialement le coût le plus faible choisit un α^i plus élevé que celui de sa concurrente. La firme ayant le coût le plus faible a donc une probabilité de succès plus importante mais le gain d'un succès pour elle est plus faible que celui de sa concurrente. Une augmentation (exogène) du niveau d'effort d'une firme incite celle-ci à augmenter α , tandis que sa concurrente choisit au contraire de réduire α . Lorsque les firmes peuvent choisir les deux variables, la firme qui a le coût le plus faible choisit un niveau d'effort et un α plus élevé que sa concurrente. Les firmes qui ont une avance technologique ont donc tendance à choisir des niveaux de R&D plus élevés et moins risqués. Les firmes plus petites choisissent de faire moins d'efforts, mais les consacrent à des projets plus innovants.

Dans le modèle développé par l'auteur, l'espérance de réduction de coût est plus élevée pour la firme qui a le coût initial le plus faible. L'écart technologique entre les firmes a donc tendance à s'accroître.

Dans une section complémentaire, l'auteur introduit un projet de R&D supplémentaire. Si ce projet réussit un nouveau produit est mis au point et l'ancien produit devient obsolète et son marché disparaît totalement (ex : CD remplaçant les disques ou appareils photo numériques remplaçant les appareils argentiques). L'auteur montre que la firme ayant le coût de production le plus faible investit moins que sa concurrente dans ce nouveau projet ; en revanche, elle continue d'investir plus dans le projet consistant à réduire les coûts de production du premier produit et choisit un α plus élevé. Les innovations consistant dans des diminutions des coûts de production des biens déjà existant sont donc réalisées le plus souvent par de grandes firmes tandis que les innovations importantes consistant à mettre au point des biens vraiment innovants sont réalisées le plus souvent par de petites firmes.

3.2 Modèles avec accumulation d'expérience

Fudenberg et alii (1983)

Harris et Vickers (1985, 1987)

Voir Tirole (1988)

4 Spillovers et accords de coopération

Dans les sections précédentes, les firmes menaient des projets de R&D séparés, sans se concerter. En pratique, les firmes s'associent parfois pour mener conjointement des projets de R&D coûteux. On va, dans cette section, s'intéresser à ces accords de coopération¹².

¹²Ce problème avait déjà été abordé par Ruff (1969).

4.1 d'Aspremont et Jacquemin (1988)

d'Aspremont et Jacquemin (1988) [AJ] comparent les résultats de différents niveaux de coopération dans un modèle avec deux étapes. Lors de la première étape, les firmes choisissent leur niveau de R&D. Lors de la seconde, les firmes choisissent les quantités qu'elles souhaitent produire. Les auteurs comparent quatre cas : aucune coopération, coopération lors de l'étape de R&D mais pas lors de l'étape de production, coopération lors des deux étapes, et maximisation du surplus social lors des deux étapes.

4.1.1 Hypothèses

La fonction de demande inverse est linéaire : $p = a - bQ$.

La fonction de coût de la firme i est :

$$C_i(q_i, x_i, x_j) = (A - x_i - \beta x_j) q_i \quad i = 1, 2, \quad i \neq j$$

où x_i et x_j sont respectivement les niveaux de R&D choisis par les firmes i et j . Chacune des firmes profite indirectement de l'effort de R&D de sa concurrente.

Le coût du programme de R&D pour la firme i est égal à $\frac{1}{2}\gamma x_i^2$.

On introduit un certain nombre de restrictions sur les valeurs des paramètres :

$$0 < A < a \quad 0 < \beta < 1 \quad x_i + \beta x_j \leq A \quad Q \leq a/b$$

Les firmes jouent simultanément à chaque étape. Les choix de l'étape 1 sont observables avant le début de l'étape 2.

4.1.2 Résultats

Aucune coopération : Les profits de seconde période en fonction des coûts unitaires des firmes sont égaux à¹³ :

$$\pi_1 = \frac{1}{9b} (a - 2c_1 + c_2)^2 \quad \text{et} \quad \pi_2 = \frac{1}{9b} (a - 2c_2 + c_1)^2$$

En remplaçant, les coûts unitaires des firmes par leurs expressions en fonction des dépenses de R&D des firmes, il vient :

$$\begin{aligned} \pi_1(x_1, x_2) &= \frac{1}{9b} (a - 2(A - x_1 - \beta x_2) + (A - x_2 - \beta x_1))^2 - \frac{1}{2}\gamma x_1^2 \\ &= \frac{1}{9b} (a - A + (2 - \beta)x_1 + (2\beta - 1)x_2)^2 - \frac{1}{2}\gamma x_1^2 \\ \pi_2(x_1, x_2) &= \frac{1}{9b} (a - 2(A - x_2 - \beta x_1) + (A - x_1 - \beta x_2))^2 - \frac{1}{2}\gamma x_2^2 \\ &= \frac{1}{9b} (a - A + (2 - \beta)x_2 + (2\beta - 1)x_1)^2 - \frac{1}{2}\gamma x_2^2 \end{aligned}$$

¹³Voir chapitre sur l'oligopole.

En dérivant et en égalisant à 0, on obtient :

$$\frac{\partial \pi_1(x_1, x_2)}{\partial x_1} = \frac{2}{9b} (2 - \beta) (a - A + (2 - \beta) x_1 + (2\beta - 1) x_2) - \gamma x_1 = 0$$

On recherche une solution symétrique ($x_1 = x_2 = x$), d'où :

$$\begin{aligned} & \frac{2}{9b} (2 - \beta) (a - A + (2 - \beta) x + (2\beta - 1) x) - \gamma x = 0 \\ \Leftrightarrow & \frac{2}{9b} (2 - \beta) (a - A) + \frac{2}{9b} (2 - \beta) (2 - \beta + 2\beta - 1) x - \gamma x = 0 \\ \Leftrightarrow & \left[\gamma - \frac{2}{9b} (2 - \beta) (1 + \beta) \right] x = \frac{2}{9b} (2 - \beta) (a - A) \Leftrightarrow x = \frac{\frac{2}{9b} (2 - \beta) (a - A)}{\gamma - \frac{2}{9b} (2 - \beta) (1 + \beta)} \end{aligned}$$

On obtient donc les dépenses de R&D et les quantités suivantes, à l'équilibre parfait du jeu :

$$\begin{aligned} x_i^* &= \frac{(a - A) (2 - \beta)}{4, 5b\gamma - (2 - \beta) (1 + \beta)} \quad i = 1, 2 \\ Q^* &= q_i^* + q_j^* = \frac{2(a - A)}{3b} + \frac{2(\beta + 1)}{3b} x_i^* = \frac{2(a - A)}{3b} \left[\frac{4, 5b\gamma}{4, 5b\gamma - (2 - \beta) (1 + \beta)} \right] \end{aligned}$$

Coopération en R&D, concurrence en quantités : Lorsque les firmes choisissent leurs dépenses de R&D de façon coopérative, elles choisissent les niveaux d'effort de R&D qui maximisent la somme des profits de l'industrie :

$$\begin{aligned} & \max_{x_1, x_2} \pi_1(x_1, x_2) + \pi_2(x_1, x_2) \\ & \max_{x_1, x_2} \frac{1}{9b} (a - A + (2 - \beta) x_1 + (2\beta - 1) x_2)^2 - \frac{1}{2} \gamma x_1^2 + \frac{1}{9b} (a - A + (2 - \beta) x_2 + (2\beta - 1) x_1)^2 - \frac{1}{2} \gamma x_2^2 \end{aligned}$$

AJ recherche une solution symétrique, il pose donc $x_1 = x_2 = x$ et le problème devient :

$$\max_x \frac{2}{9b} (a - A + (2 - \beta) x + (2\beta - 1) x)^2 - \gamma x^2$$

La condition de premier ordre de maximisation de ce programme s'écrit :

$$\begin{aligned} & \frac{4}{9b} (1 + \beta) (a - A + (1 + \beta) x) - 2\gamma x = 0 \\ \Leftrightarrow & \frac{4}{9b} (1 + \beta) (a - A) + \frac{4}{9b} (1 + \beta)^2 x - 2\gamma x = 0 \\ \Leftrightarrow & x = \frac{\frac{4}{9b} (1 + \beta) (a - A)}{2\gamma - \frac{4}{9b} (1 + \beta)^2} \Leftrightarrow x = \frac{(1 + \beta) (a - A)}{\frac{9b}{2} \gamma - (1 + \beta)^2} \end{aligned}$$

Les dépenses de R&D et les quantités produites à l'équilibre sont, donc, égales à :

$$\begin{aligned} \hat{x}_i &= \frac{(\beta + 1) (a - A)}{4, 5b\gamma - (\beta + 1)^2} \quad i = 1, 2 \\ \hat{Q} &= \frac{2(a - A)}{3b} + \frac{2(\beta + 1)}{3b} \hat{x}_i = \frac{2(a - A)}{3b} \left[\frac{4, 5b\gamma}{4, 5b\gamma - (1 + \beta)^2} \right] \end{aligned}$$

Coopération lors des deux étapes :

$$\begin{aligned}\tilde{x}_i &= \frac{(1+\beta)(a-A)}{4b\gamma - (1+\beta)^2} \quad i = 1, 2 \\ \tilde{Q} &= \frac{a-A}{2b} + \frac{1+\beta}{2b} \tilde{x}_i = \frac{a-A}{2b} \left[\frac{4b\gamma}{4b\gamma - (1+\beta)^2} \right]\end{aligned}$$

Maximisation du surplus social :

$$\begin{aligned}x_i^{**} &= \frac{(1+\beta)(a-A)}{2b\gamma - (1+\beta)^2} \quad i = 1, 2 \\ Q^{**} &= \frac{a-A}{b} + \frac{1+\beta}{b} x_i^{**} = \frac{a-A}{b} \left[\frac{2b\gamma}{2b\gamma - (1+\beta)^2} \right]\end{aligned}$$

Comparaison : Lorsque les effets de débordements sont importants ($\beta > 0,5$), on obtient les classements suivants :

$$\begin{aligned}x^{**} &> \tilde{x} > \hat{x} > x^* \\ Q^{**} &> \hat{Q} > Q^* > \tilde{Q}\end{aligned}$$

Dans les trois cas considérés, le niveau de R&D des firmes est trop faibles par rapport à l'optimum social. Une partie du gain de la R&D est captée par les consommateurs sous forme de baisse du prix d'équilibre. Le gain des firmes est donc inférieur au gain social. Les firmes font donc trop peu de R&D.

Lorsque les firmes peuvent coopérer en R&D, elles augmentent leurs efforts de R&D. Lorsqu'une firme augmente son effort de R&D, son coût de production diminue mais celui de sa concurrente diminue aussi. Une partie du gain est donc obtenue par la firme rivale. La coopération lors de l'étape de R&D permet aux firmes d'internaliser cette externalité.

Cependant des coûts plus faibles vont donner lieu à une concurrence en quantités plus élevée. Cet effet freine la coopération des firmes lorsqu'elles ne peuvent coopérer qu'en R&D. Si elles peuvent aussi coopérer lors de la dernière étape, les firmes augmentent leurs efforts de R&D.

Lorsque les effets de débordement sont faibles ($\beta < 0,4$)¹⁴, on obtient les classements suivants¹⁵ :

$$\begin{aligned}x^{**} &> x^* \geq \tilde{x} > \hat{x} \\ Q^{**} &> Q^* > \hat{Q} > \tilde{Q}\end{aligned}$$

Lorsque les effets de débordement sont faibles, les firmes réduisent leurs efforts de R&D lorsqu'elles coopèrent à l'étape 1. Du point de vue des firmes, les efforts de R&D choisis non coopérativement sont trop élevés. En effet, en diminuant son coût de production, une firme s'engage à augmenter sa production

¹⁴Quid pour les valeurs entre 0,4 et 0,5 ? Exercice pour les étudiants ?

¹⁵Voir correction dans d'Aspremont et Jacquemin (1990).

et donc utilise cet engagement pour inciter sa concurrente à diminuer sa production. En augmentant son effort de R&D, une firme diminue le profit de sa concurrente (les effets de débordement sont maintenant trop faibles pour compenser l'effet stratégique). En coopérant, les firmes internalisent cette externalité négative et réduisent leur niveau de R&D.

Remarque finale : Ce modèle peut poser des problèmes de stabilité des équilibres pour certaines valeurs des paramètres (Henriques, 1990).

4.1.3 Généralisation

A. Oligopoles : Suzumura (1992) étend l'analyse de AJ aux oligopoles comprenant plus de deux firmes et considère des formes plus générales pour les fonctions de coût et la fonction de demande inverse. Les résultats de AJ sont robustes à la modification de ces hypothèses.

Suzumura (1992) utilise aussi un critère d'optimalité différent pour évaluer les niveaux de R&D des firmes. Dans d'Aspremont et Jacquemin (1988), le niveau socialement optimal de R&D, x^{**} , était calculé en supposant qu'à l'étape 2 les firmes produisaient les quantités socialement optimales. Pour Suzumura (1992), ce critère n'a pas beaucoup de pertinence en pratique. Il est difficile pour un Etat de forcer les firmes à produire les quantités socialement optimales. En revanche, il semble souvent possible d'encourager ou de décourager marginalement les dépenses de R&D des firmes en les subventionnant ou en les taxant. Suzumura (1992) étudie donc les effets sur le bien-être de modifications marginales de niveau de R&D en supposant que les comportements des firmes en période 2 restent donnés par leurs fonctions de meilleure réponse. Les niveaux de R&D des firmes peuvent alors être trop élevés par rapport à l'optimum social.

Les résultats obtenus sont les suivants :

- Si les firmes ne coopèrent pas lors de l'étape de R&D, les niveaux de R&D sont trop faibles si les *spillovers* sont suffisamment importants.
- Si les firmes coopèrent lors de l'étape de R&D, les niveaux de R&D sont toujours trop faibles par rapport à l'optimum social.

B. Formes fonctionnelles générales : Simpson et Vonortas (1994) ont, eux aussi, généralisé le modèle de AJ en considérant des fonctions de demande et de coûts plus générales et des *spillovers* plus généraux. Leurs résultats sont semblables à ceux de Suzumura (1992) : lorsque les firmes coopèrent, les dépenses de R&D à l'équilibre sont toujours inférieures aux dépenses socialement optimales ; lorsque les firmes ne coopèrent pas, les dépenses de R&D sont inférieures aux dépenses socialement optimales dès que le degré de *spillovers* franchit une certaine valeur. Cette valeur est une fonction décroissante du nombre de firmes et du degré de convexité de la fonction de demande. Le surplus social lorsque les firmes coopèrent lors de la première étape du jeu est supérieur à celui obtenu lorsqu'elles ne coopèrent pas si les *spillovers* sont suffisamment

importants. Cependant, si la demande est concave, même en l'absence de spillovers, le surplus social est plus grand quand les firmes coopèrent lors de l'étape de R&D.

C. Statique comparative : De Bondt, Slaets et Cassiman (1992) étudient les effets d'une variation du niveau des spillovers (β) et du nombre de firmes sur les résultats du modèle. Leurs hypothèses sont semblable à celles de AJ, à l'exception du fait qu'ils étudient aussi les cas où les firmes produisent des biens différenciés. La fonction de demande inverse qui s'adresse à la firme i est de la forme :

$$p_i = u - bq_i - d \sum_{j \neq i} q_j$$

avec $b \geq d \geq 0$. Dans ce modèle, les investissements de firmes en R&D sont des compléments (substituts) stratégiques si β est supérieur (inférieur) à $d/(2b)$. On retrouve la borne $1/2$ lorsque les biens sont homogènes et cette borne est inférieure à $1/2$ lorsque les biens sont différenciés.

En règle générale, lorsque β augmente, les firmes réduisent leur investissement personnel en R&D. Cependant, on peut obtenir l'effet inverse lorsque les coûts de la R&D (mesuré par le paramètre γ) sont faibles et que les biens sont différenciés. En règle générale, lorsque β augmente, la R&D des firmes ressemble de plus en plus à un bien public. Les firmes choisissent donc de réduire leurs efforts individuels, qui profitent largement à leurs concurrents, et *free-ride* sur les efforts des autres firmes. La différenciation des produits atténue le premier effet. Les firmes concurrentes continuent de profiter des efforts de R&D de la firme i mais l'impact négatif de la réduction des coûts des firmes concurrentes pour la firme i est plus faible lorsque les biens sont différenciés. La firme i profite en revanche des spillovers des autres firmes et cela peut l'inciter à augmenter sa production. Elle est donc incitée à réduire son coût unitaire, ce qui peut l'inciter à augmenter son effort de R&D si γ est suffisamment faible.

Le deuxième point étudié par les auteurs est la valeur de β qui maximise la R&D *effective* des firmes (*effective* signifie la somme de son effort individuel et des spillovers reçus des autres firmes). Dans un oligopole produisant des biens homogènes, ce maximum est atteint pour $\beta = 1/2$. Dans un oligopole comprenant un grand nombre de firmes produisant des biens différenciés, ce maximum est atteint pour une certaine valeur de β qui dépend de la valeurs des autres paramètres mais est comprise dans l'intervalle $[1/2, 1]$. Lorsque les firmes produisent des biens différenciés et lorsqu'elles sont peu nombreuses, le maximum est atteint pour $\beta = 1$. La valeur de β qui maximise la R&D effective par firme est aussi celle qui maximise la production des firmes, le surplus des consommateurs et le profit des firmes sur coûts variables (hors coût fixe de la R&D). Le profit des firmes et le surplus social atteignent leur maximum pour une valeur de β comprise dans l'intervalle $[1/2, 1]$ lorsque les firmes produisent un bien homogène ou un bien différencié lorsque le nombre de firmes est élevé. Lorsque les firmes produisent des biens différenciés et sont peu nombreuses, les profits et le surplus social sont maximaux pour $\beta = 1$.

Les auteurs s'intéressent enfin à l'impact du nombre de firmes. En général, une augmentation du nombre de firmes réduit les efforts de R&D individuels des firmes. Le résultat opposé peut, cependant, apparaître

dans une industrie produisant des biens différenciés, si γ est faible et le nombre de firmes intermédiaires. Dans une industrie produisant un bien homogène, une augmentation du nombre des firmes réduit la R&D effective de chacune des firmes. On obtient le même résultat dans une industrie produisant des biens différenciés, si $\beta < d/(2b)$. Si $d/(2b) < \beta \leq 1/2$, la R&D effective augmente avec le nombre de firmes dans un premier temps puis reste relativement stable. Si $\beta > 1/2$, la R&D effective est d'abord une fonction croissante du nombre de firmes puis décroissante. Le surplus social (hors coût de la R&D) et le surplus des consommateurs augmentent avec le nombre de firmes dans un premier temps puis deviennent relativement indépendant du nombre de firmes. Dans les industries avec biens différenciés dans lesquelles γ est faible, le surplus social et le surplus des consommateurs commencent par augmenter puis diminuent lorsque le nombre de firmes augmente.

D. *Cost paradox* : Kline (2000) s'intéresse à un ensemble des valeurs des paramètres exclu par les études précédentes. Plus précisément, il s'intéresse aux zones dans lesquelles une réduction de même ampleur des coûts marginaux de toutes les firmes provoque une réduction de leur profit (*cost paradox*). Cet effet est possible car la réduction des coûts de production provoque une réduction des prix de vente et ce second effet peut dominer le premier. Cet effet peut apparaître lorsque la concurrence entre les firmes est élevée. Lorsque la concurrence est à la Cournot, la probabilité de l'apparition de cet effet augmente lorsque le nombre de firmes augmente. Kline (2000) montre que, si les firmes se trouvent dans une zone des valeurs des paramètres où cet effet est présent, alors les dépenses de R&D des firmes lorsqu'elles coopèrent à l'étape 1 sont plus faibles que lorsqu'elles choisissent leurs efforts de R&D non-coopérativement, même si les spillovers sont forts (mais, ce n'est pas le cas lorsque les spillovers sont parfaits $\beta = 1$). La constitution d'une RJV peut donc servir à réduire les efforts de R&D des firmes, même si les spillovers sont forts, et réduire le surplus social.

4.1.4 Spillovers asymétriques et timing du jeu

De Bondt et Henriques (1995) reprennent le modèle de AJ mais en autorisant des différences entre les deux firmes. Ces dernières peuvent avoir des coûts unitaires avant investissement différents, des paramètres de spillover différents et des fonctions de coûts de R&D différentes. Les résultats les plus intéressants sont obtenus lorsque les firmes ont des paramètres de spillovers différents. Dans ce cas, il est possible que la fonction de meilleure réponse de l'une des firmes à l'effort de R&D de l'autre firme soit croissante tandis que celle de sa concurrente est décroissante. Pour l'une des firmes les efforts de R&D sont des substituts stratégiques tandis que pour l'autre ce sont des compléments stratégiques. Si c'est le cas alors les firmes préfèrent choisir leurs niveaux d'effort séquentiellement et elles sont d'accord sur la distribution des rôles. Celle qui bénéficie le plus de l'effort de R&D de sa concurrente prend le rôle du leader et l'autre firme choisit le rôle de follower. La firme leader (celle pour laquelle les efforts de R&D sont des compléments) réduit son effort de R&D par rapport au jeu simultané. Cette réduction incite la firme follower (celle pour laquelle les efforts de R&D sont des substituts) à augmenter ses efforts de R&D par rapport au jeu simultané. La firme

leader bénéficie des efforts plus élevés de sa concurrente en recevant des spillovers plus importants. Pour cette firme, l'effet réduction de son coût via les spillovers domine l'effet concurrence dû à la réduction de coût de sa concurrente. La firme follower voit son profit augmenter du fait de l'augmentation du coût de sa concurrente. Cet effet domine la réduction des spillovers dont elle bénéficie mais qu'elle n'exploite que faiblement. Le profit des deux firmes est plus élevé dans ce jeu séquentiel que dans le jeu simultané. En revanche, le surplus des consommateurs est plus faible dans le jeu séquentiel. Car, les dépenses globales des firmes sont plus faibles. Donc les coûts de production sont plus élevés, ce qui entraîne des prix plus élevés.

Si les deux firmes bénéficient de spillovers importants, leurs efforts de R&D sont des compléments stratégiques. Dans ce cas, les firmes préfèrent à nouveau choisir leurs efforts de R&D séquentiellement. Mais, elles ne sont plus d'accord sur le partage des rôles. Chacune des firmes préfère le rôle du follower. La firme leader augmente son effort de R&D pour inciter la firme concurrente à faire de même. Les consommateurs bénéficient de ces investissements plus élevés en obtenant des prix plus faibles à l'équilibre.

Si les firmes bénéficient de spillovers faibles, leurs efforts de R&D sont des substituts stratégiques et chacune préfère le rôle de leader lors de l'étape de choix d'efforts de R&D. le timing à l'équilibre sera un jeu simultané.

4.1.5 Spillovers domestiques et internationaux

Brod et Shivakumar (1997a) supposent que le niveau des spillovers est plus important entre des firmes situées dans le même pays (β) qu'entre des firmes situées dans des pays différents ($\lambda \leq \beta$). Ils considèrent un modèle avec deux pays et quatre firmes ; deux firmes étant situées dans chacun des pays. Les firmes se livrent une concurrence sur un marché mondial non segmentés. Les auteurs comparent trois cas : aucun accord de coopération entre les firmes (C) ; dans chaque pays, les deux firmes nationales choisissent leur niveau de R&D ensemble mais ne coopèrent pas avec les firmes étrangères (N) ; enfin, les quatre firmes coordonnent leur niveau de R&D (G). En résolvant le modèle, les auteurs obtiennent quatre cas. Si les deux paramètres de spillovers sont élevés alors les niveaux de R&D sont plus élevés lorsque les firmes coopèrent : $x^G > x^N > x^C$. Si les deux paramètres de spillovers sont faibles alors les niveaux de R&D sont plus élevés lorsque les firmes ne coopèrent pas : $x^C > x^N > x^G$. Ces deux zones ressemblent à celles obtenues par d'Aspremont et Jacquemin (1988). Les nouveaux résultats sont obtenus dans les cas intermédiaires, où le paramètre des spillovers à l'intérieur d'un pays est élevé mais celui entre les pays est faible. Dans ces cas, deux effets s'opposent lorsque les quatre firmes coopèrent. β élevé incite les firmes nationales à augmenter leur niveau de R&D lorsqu'elles coopèrent, mais λ faible incite des firmes de nationalités différentes à diminuer leur niveau de R&D lorsqu'elles le fixent en commun. On a alors $x^N > x^G$. En revanche, la comparaison de x^C et x^G dépend de la valeur des paramètres¹⁶.

¹⁶Il pourrait être intéressant de regarder si les résultats sont modifiés en supposant que les marchés sont segmentés ou en introduisant des firmes multinationales.

4.2 Joint venture

Dans le modèle de AJ, le niveau des spillovers n'était pas modifié par le choix des firmes de coordonner leurs efforts de R&D. Les firmes avaient donc la possibilité de coordonner leurs efforts mais pas celle de mener réellement des recherches communes. Les firmes peuvent, cependant, ne pas se contenter de coordonner leurs niveaux de R&D mais peuvent s'entendre pour en partager les résultats. Cette coopération va parfois jusqu'à la création de laboratoires communs.

4.2.1 Comparaison des différents types de *joint venture*

Kamien, Muller et Zang (1992) introduisent deux nouveaux modes d'organisation pour les firmes¹⁷. Les auteurs supposent que les firmes peuvent mener des programmes de recherche séparés sans les coordonner (*R&D competition : N*) ou en les coordonnant (*R&D cartelization : C*), comme dans d'Aspremont et Jacquemin (1988). Les firmes peuvent aussi décider de mettre leurs efforts de R&D en commun en créant une Joint Venture. Dans ce cas, la valeur du paramètre de spillover devient égale à 1. Un effort de R&D d'une firme a le même impact sur les coûts de toutes les firmes. Après la décision de mettre leurs efforts de R&D en commun, les firmes peuvent décider de leur niveau d'effort de façon non coopérative (*RJV competition : NJ*) ou elles peuvent choisir leur niveau de R&D de façon coopérative (*RJV cartelization : CJ*).

Les auteurs utilisent aussi une modélisation différente de celle de d'Aspremont et Jacquemin (1988). Ils supposent que les spillovers interviennent au niveau des inputs et pas au niveau des outputs. Formellement, ils supposent que le niveau **effectif** de R&D d'une firme est égal à son niveau d'effort plus une fraction des efforts des autres firmes. Ce niveau effectif est ensuite introduite dans une fonction concave qui donne le niveau de réduction du coût de production¹⁸.

Les auteurs montrent que le niveau de R&D dans le cas NJ est plus faible que celui obtenu dans tous les autres cas. Le niveau de R&D dans le cas CJ est lui supérieur à celui choisi dans tous les autres cas. Le classement des niveaux de R&D choisi dans les cas N et C dépend, comme dans d'Aspremont et Jacquemin (1988), de la valeur des paramètres du modèle et notamment de la taille des *spillovers* par rapport au degré de différenciation des produits.

Dans le cas NJ, les firmes choisissent leur niveau de R&D de façon non-coopérative et l'impact de leurs efforts a le même effet sur le coût de leurs concurrentes que sur le leur. Deux effets contribuent alors fortement à diminuer les efforts de R&D. La R&D ne permet plus à une firme d'acquérir un avantage de coût par rapport à ses concurrentes. La R&D permet de diminuer les coûts mais ne permet pas de créer un avantage stratégique. Les incitations des firmes à faire de la R&D sont donc moins fort qu'avec des *spillovers* plus faibles. En outre, les dépenses de R&D des autres firmes permettent de réduire les coûts d'une firme

¹⁷D'autres hypothèses sont aussi modifiées : la fonction reliant les efforts de R&D à la baisse du coût est concave, et plus nécessairement linéaire ; il y a n firmes, les firmes produisent des biens différenciés.

¹⁸Cette modélisation différente n'est pas présentée par les auteurs comme très différente de celle de AJ. Elle a pourtant des propriétés différentes, voir la présentation d'Amir (2000) ci-dessous.

autant que ses propres dépenses. On est donc en présence d'un problème de bien public. Chacune des firmes préfère faire du *free riding* et laisser les autres firmes faire les efforts. Cette organisation est donc celle qui donne les incitations les plus faibles à faire de la R&D. Au contraire, avec le mode d'organisation CJ, les efforts de R&D sont les plus élevés. Avec ce mode d'organisation, les effets bénéfiques de la R&D sur le profit joint des firmes sont maximum et le choix coopératif des niveaux de R&D permet de résoudre le problème de passager clandestin et de choisir le niveau de R&D qui maximise les profits joints de l'industrie.

Dans les 4 cas considérés par les auteurs, les choix des firmes dans la seconde étape du jeu sont non coopératifs. Le prix d'équilibre de la seconde étape est donc plus faible lorsque les niveaux de R&D sont plus élevés. Le classement des 4 situations en fonction du surplus des consommateurs est donc identique à celui obtenu en fonction des efforts de R&D.

4.2.2 Exploitation commune des résultats de la R&D

Les firmes souhaitent parfois exploiter en commun les résultats de la R&D qu'elles ont développés en commun. Elles peuvent créer une filiale commune qui non seulement développe une innovation mais la met en oeuvre en produisant et commercialisant le bien développé. Brod et Shivakumar (1997b) étudient les conséquences de cette extension au marché des biens des *joint venture* de recherche. Ils reprennent le modèle de AJ en modifiant quelques hypothèses. Ils considèrent un oligopole composé de n firmes symétriques et ne se limitent pas au cas du duopole. Ils supposent aussi que si les firmes coordonnent leurs recherches, elles décident aussi de partager parfaitement leurs résultats : $\beta = 1$. Ils supposent enfin que les firmes produisent des biens différenciés. Les auteurs étudient quatre scénarii : les firmes se comportent de façon non-coopérative lors des deux étapes du jeu (*Competition* : C), elles coordonnent leurs efforts de R&D mais pas leur production (*R&D Cooperation* : R), elles coordonnent leur production mais pas leur R&D (*Production Cartel* : P) et elles se coordonnent lors des deux étapes (*Joint Exploitation* : J). Les auteurs montrent que pour un même niveau de coordination sur le marché des biens, les efforts de R&D des firmes sont toujours plus élevés lorsqu'elles se coordonnent lors de cette étape (et partagent leurs résultats $\beta = 1$) que lorsqu'elles se comportent de façon non-coopérative (et ne partagent pas leurs résultats $0 \leq \beta \leq 1$) : $x^R > x^C$ et $x^J > x^P$. Les classements des niveaux de production (et donc des surplus des consommateurs) et des profits sont les mêmes. Si la coopération des firmes à l'étape de la R&D n'a pas d'influence sur la concurrence sur le degré de concurrence sur le marché des produits, elle est toujours souhaitable. Elle permet d'augmenter non seulement le profit des firmes mais aussi le surplus des consommateurs et donc nécessairement le surplus social. Les auteurs étudient ensuite si, lorsque les firmes coopèrent lors de l'étape de R&D, il est souhaitable de les laisser étendre leur coopération sur le marché des produits en les autorisant à commercialiser ensemble leur production. Cette extension augmente les efforts de R&D des firmes : $x^J > x^R$ mais provoque une réduction de la production des firmes. Les firmes augmentent leurs efforts de R&D malgré un niveau de production plus faible car la coopération lors de la seconde étape supprime l'un des freins à la R&D, qui est qu'une augmentation de la R&D va augmenter la production de la firme concurrente. Les profits des firmes sont plus élevés mais le

surplus des consommateurs et le surplus social diminue lorsque la coopération s'étend au marché de produits. Cette extension n'est donc pas souhaitable. Les auteurs comparent, enfin, les scénarii J et C. Si l'extension de la coopération est difficile à éviter, est-il préférable de proscrire totalement la coopération ou de la tolérer aux deux étapes du jeu ? Les efforts de R&D sont plus élevés avec la coopération. Le niveau de production des firmes (et le surplus des consommateurs) est plus élevé en cas de concurrence aux deux périodes si le nombre de firmes est suffisamment élevé et si les biens ne sont pas trop différenciés. Donc, si le marché des biens est suffisamment concurrentiel, la concurrence aux deux étapes est préférable à la coopération aux deux étapes.

4.2.3 Différences entre KMZ et AJ

Amir (2000) compare les formalisations adoptées par AJ et KMZ et montre que les deux modèles ont des propriétés assez distinctes et peuvent conduire à des résultats opposés. Dans KMZ, les spillovers sont mesurés en \$ dépensés en R&D tandis que dans AJ, les spillovers sont mesurés en unité de coût. Cette différence dans la définition des spillovers introduit des différences dans les propriétés des modèles. Notamment dans un duopole, si l'une des firmes a un niveau de R&D très élevé et sa concurrente très faible, alors la dépense d'un \$ supplémentaire en R&D par la firme concurrente peut conduire, dans AJ, à une diminution du coût de production de la première firme plus importante que si elle dépensait elle-même ce \$. Ce n'est jamais le cas dans le modèle de KMZ.

Dans AJ, la réduction de coût de la firme i est égale à : $x_i + \beta x_j$ et le coût associé est $\frac{1}{2}\gamma x_i^2$.

Dans KMZ, la dépense de la firme i est égale à y_i , son niveau **effectif** de R&D est égal à $y_i + \theta y_j$ et la réduction du coût unitaire est égale à¹⁹ $\sqrt{\left(\frac{2}{\gamma}\right) (y_i + \theta y_j)}$.

Si $\beta = \theta = 0$, les deux modélisations sont identiques.

Dans le modèle de AJ avec n firmes réalisant le même niveau de R&D, un niveau d'effort effectif X nécessite un effort par firme x tel que $x = X/[1 + (n - 1)\beta]$ et les dépenses supportées par chaque firme sont égales à : $y = (\gamma/2) \left(X^2/[1 + (n - 1)\beta]^2 \right)$. En inversant cette fonction, on obtient le résultat effectif du projet de R&D pour une dépense par firme égale à y :

$$X_A = [1 + (n - 1)\beta] \sqrt{\frac{2}{\gamma} y}$$

Dans le modèle de KMZ, on a :

$$X_K = \sqrt{\frac{2}{\gamma} [1 + (n - 1)\theta] y}$$

Pour bien voir la différence, prenons le cas où $\beta = \theta = 1$, on obtient alors :

$$X_A = n \sqrt{\frac{2}{\gamma} y} \quad \text{et} \quad X_K = \sqrt{\frac{2}{\gamma} n y}$$

¹⁹Cette fonction particulière est choisie par Amir (2000) afin de comparer plus facilement les deux modèles ; KMZ ne spécifie par une fonction particulière.

On constate que si on double le nombre de firmes dans AJ, en gardant les dépenses par firmes constantes, le résultat effectif double. Dans le modèle de KMZ, le résultat effectif fait moins que doubler lorsque le nombre de firmes double.

Si on considère que les deux inputs du processus de R&D sont n et y , alors ce processus est à rendements constants dans KMZ et à rendements croissants dans AJ. Cette différence explique que les résultats des deux modèles peuvent être assez différents.

Parmi ces différences, Amir (2000) note que :

- dans le modèle de AJ, les niveaux de R&D obtenus à l'équilibre sont systématiquement plus élevés que ceux obtenus dans KMZ, quel que soit le mode d'organisation des firmes considéré.

- dans KMZ, le niveau de R&D de l'industrie (somme des efforts d'une firme et des spillovers dont elle bénéficie) est une fonction décroissante de θ . Ce n'est pas le cas dans AJ, où ce niveau est une fonction non monotone de β (croissante sur $[0; 0,5]$ et décroissante sur $[0,5; 1]$). Dans AJ, lorsque les firmes ne coopèrent pas, le niveau de R&D est maximum lorsque $\beta = 0,5$; dans KMZ, il est maximum lorsque $\theta = 0$.

- dans le modèle de KMZ, le cas CJ est équivalent à supposer que les deux firmes fusionnent leurs laboratoires de recherche en un seul laboratoire commun (cas J). Ce n'est pas le cas dans AJ, où les coûts sont plus faibles si les deux firmes restent séparées.

- dans KMZ, le niveau de R&D est plus faible dans le cas N que dans le cas J. Le classement est inversé dans AJ.

- dans KMZ, le niveau de R&D est plus élevé dans le cas J que dans le cas C. Dans AJ, le classement est identique si β est faible, mais inversé sinon.

Les recommandations de politique économique données par les deux modèles peuvent donc être sensiblement différentes.

Amir (2000) avance que les propriétés du modèle de KMZ lui semblent plus pertinentes que celles du modèle de AJ.

Amir (2000) cherche ensuite à établir une équivalence entre les deux modèles. Il trouve qu'en posant $\theta = \beta [(n-1)\beta + 2]$, on peut passer d'un modèle à l'autre sans altérer les résultats. Lorsque θ parcourt $[0, 1]$, β parcourt $\left[0, \frac{\sqrt{n}-1}{n-1}\right]$. Pour $n = 2$, $\frac{\sqrt{n}-1}{n-1} = \sqrt{2} - 1 \simeq 0,41$.

Amir, Jin et Troege (2008) s'intéressent eux aussi aux propriétés des deux modèles : AJ et KMZ. Les auteurs avancent qu'il semble assez naturel de penser que pour un même niveau d'effort de R&D, le résultat devrait être supérieur si cet effort est concentré dans une seule firme que s'il est réparti entre plusieurs firmes. Les auteurs montrent que le modèle de KMZ vérifie cette propriété mais que ce n'est pas le cas du modèle de AJ si $\beta > 0$. Les auteurs cherchent ensuite les modifications qui doivent être appliquées au modèle de AJ pour qu'il remplisse ce critère. Le problème dans le modèle de AJ vient du fait que le coût de la R&D étant

quadratique, le premier centime de dépenses en R&D a une productivité extrêmement élevée. Cette propriété permet de s'assurer qu'à l'équilibre toutes les firmes choisissent un effort de R&D strictement positif. Cette hypothèse simplifie beaucoup la résolution des modèles en s'assurant que la solution est nécessairement intérieure mais elle rend le modèle peut réaliste. Pour éliminer ce problème, les auteurs montrent qu'il y a trois possibilités. La première consiste à supposer que le coût marginal de la R&D en 0 n'est pas nul. La fonction de coût peut, par exemple, prendre la forme suivante : $f(x) = \delta x + \frac{1}{2}\gamma x^2$. Le modèle d'AJ ainsi réécrit remplit le critère si le degré de spillovers n'est pas trop élevé, i.e. si $\beta \leq \frac{\delta}{\delta + \gamma c} < 1$, où c est le coût unitaire de production en l'absence de R&D. La deuxième possibilité consiste à introduire un coût fixe au programme de R&D : $f(x) = K + \frac{1}{2}\gamma x^2$. Cette modification est suffisante si $\beta \leq \frac{\sqrt{2K}}{\sqrt{\gamma c^2 - 2K}}$. La troisième possibilité, que les auteurs ne font qu'évoquer, est d'introduire une courbe de coût moyen de la R&D en U, il faut donc supposer que dans un premier temps, la R&D est à rendements croissants avant d'être à rendements décroissants. Les auteurs étudient, ensuite, si ces modifications affectent les résultats habituels du modèle de AJ. La première modification qui peut apparaître est que certaines firmes choisissent de ne pas faire de R&D. Pour certaines valeurs des paramètres, on peut donc voir apparaître des solutions en coin et des solutions asymétriques dans lesquelles certaines firmes font de la R&D tandis que d'autres choisissent de ne pas en faire. La deuxième modification qui peut intervenir est que l'ensemble des valeurs de β pour lesquels les efforts de R&D des firmes sont des compléments stratégiques est réduit. Les auteurs testent, enfin, si le classement des efforts de R&D obtenu par AJ est modifié. Ils supposent que la fonction de coût des programmes de R&D est de la forme : $f(x) = K + \delta x + \frac{1}{2}\gamma x^2$. L'ordre reste le même que celui obtenu AJ pour les solutions symétriques.

4.2.4 Participation endogène

Dans les modèles précédents, lorsqu'une joint-venture est créée, elle comprend toutes les firmes. Poyago-Theotoky (1995) s'intéresse aux résultats obtenus lorsqu'une partie seulement des firmes rejoint la joint-venture et elle s'efforce d'endogénéiser la décision d'appartenance à la joint-venture. Le modèle est assez proche de celui de AJ. Lors d'une première étape, les n firmes choisissent simultanément leur effort de R&D. Ces dépenses de R&D permettent de réduire le coût marginal de production des firmes. Il existe des spillovers entre les programmes de R&D des firmes dont l'importance est mesurée par un paramètre β comme dans AJ. Lors de la seconde étape, les firmes se livrent une concurrence en quantité à la Cournot.

L'auteur commence par comparer les résultats de deux scénarii. Dans le premier, les firmes choisissent leurs dépenses de R&D de façon non-coopérative. Dans le second, k des n firmes forment une joint-venture. Elles choisissent alors les niveaux de R&D qui maximisent le profit joint des firmes appartenant à la joint-venture. Les firmes n'appartenant pas à la joint-venture continuent de choisir leur effort de R&D de façon non-coopérative. Entre les firmes appartenant à la joint-venture, l'échange d'information est parfait ($\beta = 1$), mais entre les firmes appartenant à la joint-venture et les autres firmes, les spillovers restent imparfaits : $0 \leq \beta \leq 1$.

Les firmes appartenant à la joint-venture augmentent leurs efforts de R&D par rapport au scénario 1 et elles bénéficient d'une réduction de coût plus importante. Les firmes internalisent les bénéfices de leur programme pour les autres membres de la joint-venture, ce qui les incite à augmenter leurs dépenses de R&D. Les firmes extérieures à la joint-venture diminuent leurs efforts de R&D par rapport au scénario 1.²⁰ Elles bénéficient, cependant, de l'augmentation des dépenses de R&D des firmes appartenant à la joint-venture et leur coût de production diminue. Les dépenses de R&D des firmes appartenant à la joint-venture sont toujours plus élevées que celles des firmes n'y appartenant pas. Les firmes appartenant à la joint-venture réalisent des profits plus importants que les firmes extérieures à la joint-venture²¹.

Dans le scénario 1, lorsque β augmente, les dépenses de R&D de chaque firme diminuent mais la réduction de coût des firmes augmente sur l'intervalle $[0; 0, 5]$. Dans le scénario 2, les dépenses de R&D des firmes appartenant à la joint-venture et la réduction de coût dont elles bénéficient diminuent pour toutes les valeurs de β . Pour les firmes extérieures à la joint-venture, la réduction de coût commence par augmenter puis diminue.

L'auteur s'efforce, ensuite, de rendre endogène la taille, k , de la joint-venture. Elle suppose que la taille d'équilibre est celle qui maximise le profit par firme des firmes appartenant à la joint-venture. Les firmes appartenant à la joint-venture accueillent de nouveaux membres tout le temps que cela permet d'augmenter leur profit. L'auteur n'arrive pas à obtenir des résultats analytiques et elle recourt à des simulations numériques. La taille d'équilibre de la joint-venture est généralement une solution intérieure. Dans un premier temps, les membres de la joint-venture souhaitent attirer de nouveaux membres pour profiter de leurs efforts de recherche. Cependant, plus le nombre de firmes appartenant à la joint-venture est élevé et plus l'écart de coût de production entre les firmes membres et les firmes non-membres est élevé. Dans un second temps, la joint-venture préfère donc refuser l'adhésion de nouvelles firmes pour conserver son avantage de coût sur ces dernières. La taille d'équilibre de la joint-venture est généralement inférieure à la taille socialement optimale. Du point de vue social, il est généralement souhaitable que les spillovers soient les plus importants possibles et donc que toutes les firmes coopèrent et échangent leurs connaissances. L'auteur montre aussi que le profit des membres de la joint-venture est une fonction décroissante de β tandis que celui des firmes extérieures à la joint-venture est une fonction croissante de β .

Yi et Shin (2000) étudient eux aussi la formation endogène de RJV mais ils ne limitent pas le nombre de RJV à un. Plusieurs RJV peuvent exister simultanément. Les auteurs s'écartent aussi des hypothèses de Poyago-Theotoky (1995) en supposant que l'appartenance à une même RJV ne permet pas d'augmenter les spillovers entre deux firmes. Le paramètre de spillovers est égal à β que les firmes appartiennent ou non à une RJV commune. Les auteurs supposent $\beta > 0, 5$. Dans ce modèle, les efforts de R&D des firmes sont

²⁰Si les spillovers sont faibles, les dépenses de R&D des firmes sont alors des substituts stratégiques. Mais, si les spillovers sont élevés, les dépenses de R&D sont alors des compléments stratégiques. Pour les valeurs intermédiaires de β ($\frac{1}{2} < \beta < \frac{k}{k+1}$), les dépenses de R&D des firmes appartenant à la joint-venture sont des compléments stratégiques de celles des autres firmes ; mais les dépenses de R&D des autres firmes sont des substituts stratégiques de celles des firmes appartenant à la joint-venture.

²¹Rappel : c'est souvent l'inverse dans les fusions (voir le chapitre consacré aux fusions).

des compléments stratégiques et le profit d'une firme est une fonction croissante des efforts de R&D des autres firmes. Lorsque $\beta > 0,5$, on sait que les firmes sous-investissent en R&D et que la création d'une RJV comprenant toutes les firmes se traduit par une augmentation des dépenses de R&D des firmes, une augmentation de leur profit et une augmentation du surplus des consommateurs. Les créations de RJV de tailles intermédiaires ont les mêmes effets. Les firmes appartenant à une même RJV choisissent les dépenses de R&D qui maximisent les profits de firmes appartenant à la RJV. La création d'une RJV oblige donc les firmes membres à internaliser les effets de leur R&D sur les autres firmes appartenant à la RJV. Les dépenses de R&D des firmes sont une fonction croissante de la taille de la RJV à laquelle elles appartiennent. Les firmes appartenant à des RJV plus petites font de moins de R&D et reçoivent des profits plus importants que les firmes appartenant à des RJV plus grandes. Les dépenses de R&D totales de l'industrie et les profits totaux de l'industrie augmentent lorsqu'une firme quitte la RJV à laquelle elle appartient pour rejoindre une RJV plus grande. Une plus grande concentration des RJV entraîne une augmentation des profits des firmes dont les RJV sont extérieures au mouvement de concentration²². Les auteurs étudient deux règles de formation des RJV. Dans la première (*Exclusive Membership*), une firme ne peut intégrer une RJV qu'avec l'accord des firmes la composant. Dans la seconde (*Open Membership*), toutes les firmes qui souhaitent adhérer à une RJV peuvent le faire. Sous la première règle, une structure de RJV est un équilibre de Nash, si elle est robuste aux défections individuelles : une firme ne doit pas pouvoir augmenter son profit en quittant sa RJV pour être seule. Les auteurs montrent que plusieurs structures vérifient cette condition. L'équilibre du jeu n'est donc pas unique. Pour limiter le nombre de solutions, les auteurs imposent que la solution doit aussi être robuste aux déviations par des groupes de firmes (*coalition-proof Nash equilibrium*). Les firmes choisissent alors la structure la plus concentrée qui n'induit pas de défection individuelle. Cette structure comprend, généralement, plusieurs RJV. En réalisant des simulations, les auteurs constatent que la structure d'équilibre devient plus concentrée lorsque les externalités entre les firmes sont plus élevées (β augmente) et que la structure réunissant toutes les firmes dans une RJV unique n'est jamais un équilibre lorsque $N \geq 5$ (N est le nombre de firmes dans l'industrie). Sous la seconde règle, les conditions pour qu'une structure soit un équilibre de Nash deviennent plus restrictives car non seulement les firmes ne doivent pas avoir intérêt à effectuer une défection individuelle mais elles ne doivent pas non plus avoir intérêt à quitter leur RJV de départ pour en rejoindre une autre plus petite. La structure obtenue à l'équilibre est alors moins concentrée que sous la première règle (ou elle a le même degré de concentration). Comme pour la règle précédente, la concentration à l'équilibre augmente quand β augmente. Dans ce modèle, le surplus social est une fonction croissante de la concentration de la structure des RJV et il est maximal lorsque toutes les firmes appartiennent à la même RJV. Cela implique que du point de vue social, la première règle d'adhésion à une RJV est préférable à la seconde. Cela implique aussi que la structure d'équilibre est, généralement (toujours si $N \geq 5$), moins concentrée que la structure socialement optimale. L'Etat peut donc intervenir pour faciliter la création de RJV et favoriser leur concentration.

²²Les auteurs notent que ces résultats sont analogues à ceux obtenus dans le modèle de fusion de Deneckere et Davidson (1985), dans lequel les firmes se font concurrence en prix (voir le chapitre sur les fusions).

4.3 Efforts asymétriques

AJ et les modèles suivants font l'hypothèse que les firmes participant à une joint-venture choisissent des niveaux de R&D identiques. Cette hypothèse paraît assez naturelle puisque les coûts de la R&D sont convexes. Des niveaux de R&D identiques permettent donc de minimiser les coûts de la R&D pour un niveau total de R&D donné. Salant et Shaffer (1998 et 1999) ont, cependant, montré que pour certaines valeurs des paramètres des modèles la solution qui maximise le profit joint des firmes et celle qui maximise le surplus social assigne des efforts de R&D différents aux firmes, même si elles sont initialement identiques. Ce résultat est dû aux propriétés de l'équilibre de Cournot qu'on a vues dans le chapitre sur l'oligopole. On a, en effet, vu que lorsque des firmes avaient des coûts marginaux constants (ce qui est le cas dans le modèle d'AJ), la production totale de l'équilibre de Cournot ne dépendait que de la somme de ces coûts et ne dépendait pas de leur distribution. En revanche, le coût total de production était une fonction décroissante de la variance des coûts marginaux des firmes. Le surplus social est donc une fonction croissante de la variance des coûts marginaux des firmes. Salant et Shaffer (1999) en déduisent qu'il peut être socialement souhaitable que des firmes, initialement identiques, choisissent des actions différentes lorsqu'elles jouent ensuite un jeu de concurrence à la Cournot. Car, lors du jeu de Cournot, des différences de coût marginal permettent d'augmenter le surplus social.

Salant et Shaffer (1998) est une application de ce principe au modèle d'AJ. Les auteurs montrent que dans la zone des paramètres où $b\gamma < 2(1 - \beta)^2$, des efforts de R&D symétriques ne maximisent ni le profit joint des firmes ni le surplus social. Il est préférable que les firmes choisissent des niveaux de R&D différents. Cet asymétrie augmente les coûts de la R&D de la première étape, mais diminue les coûts de production de la seconde. Les études précédentes ont, donc, commis une erreur en se restreignant aux cas où les firmes choisissent des niveaux de R&D identiques. Elles choisissent des niveaux de R&D identiques lorsque les choix sont non-coopératifs. Mais, pour certaines valeurs des paramètres, elles choisissent des niveaux de R&D différents lorsque les choix sont coopératifs. Les auteurs proposent un certain nombre de simulations numériques dont les résultats sont assez différents de ceux obtenus par les études précédentes en se restreignant aux cas symétriques. Ils montrent, notamment, les dépenses de R&D totales et la production totale de l'industrie sont plus élevées dans la solution asymétrique optimale que dans la solution symétrique (sous-optimale). Les études précédentes semblent donc avoir sous-estimé les gains potentiels de la formation des joint-ventures. AJ, notamment, concluaient que la formation d'une joint-venture entraînait une diminution du surplus social lorsque les spillovers étaient faibles. Lorsqu'une solution asymétrique est autorisée, les résultats sont différents. Salant et Shaffer (1998) présentent des exemples numériques dans lesquels la formation d'une joint-venture entraîne une diminution des dépenses totales de R&D et de la production totale, donc, diminue le surplus des consommateurs. Mais, où cette diminution du surplus des consommateurs est inférieure à l'augmentation du profit joint des firmes. La constitution d'une joint-venture est donc socialement souhaitable contrairement à l'affirmation d'AJ. La constitution d'une joint-venture peut, notamment, être souhaitable dans le cas sans spillovers ($\beta = 0$).

La solution asymétrique n'est cependant acceptable par toutes les firmes constituant la joint-venture que si toutes les firmes y gagnent par rapport à la situation symétrique. Si les firmes peuvent compenser financièrement (*sidepayments*) les firmes qui acceptent de réduire fortement leurs dépenses de R&D et leur production, l'implémentation de la solution asymétrique ne pose pas de problème. En revanche, si les paiements latéraux sont impossibles, l'implémentation de la solution asymétrique devient plus problématique. Elle reste possible si les firmes peuvent déterminer aléatoirement leurs rôles respectifs. Mais ce système de tirage au sort n'est pas toujours plausible. Une autre possibilité suggérée par les auteurs apparaît lorsque les firmes sont en contact sur plusieurs marchés. Dans ces cas, une firme peut consentir de diminuer fortement ses dépenses de R&D dans une industrie, si les autres firmes acceptent de faire de même dans d'autres industries.

Leahy et Neary (2005) recherchent les conditions mathématiques nécessaires et suffisantes pour que la solution optimale soit symétrique. Ils montrent que ces conditions ne sont pas toujours vérifiées et qu'une RJV peut, en effet, avoir intérêt à assigner des niveaux de dépenses de R&D différents à ses membres. Cependant, les auteurs avancent que la question qui est la plus intéressante pour la détermination de la politique économique est la comparaison des résultats obtenus avec un RJV et sans RJV. Or, dans la plus grande partie de la zone où la solution optimale de la RJV est asymétrique, l'équilibre, lorsque les firmes se comportent de façon non-coopérative lors des deux étapes du jeu (absence de RJV), est instable. L'équilibre symétrique obtenu en l'absence de RJV n'a donc peut-être pas beaucoup de signification économique. En outre, la zone où la solution optimale avec RJV est asymétrique et où la solution symétrique sans RJV est stable diminue rapidement lorsque le nombre de firmes augmente. Les auteurs concluent donc que l'article de Salant et Shaffer (1998) ne rend pas caduques tous les résultats obtenus antérieurement. La solution symétrique dans la RJV semble être la règle générale et la solution asymétrique une exception qui n'apparaît que pour des zones de paramètres limitées.

4.4 One-way spillovers

Dans les modèles de AJ et de KMZ, les spillovers vont dans les deux sens : chaque firme apprend en observant le programme de R&D de sa rivale. Ce n'est pas nécessairement toujours le cas, si les programmes de R&D sont unidimensionnels alors les firmes peuvent être classées selon l'avancement de leur programme de R&D. Il paraît alors peu plausible qu'une firme puisse apprendre en observant un concurrent moins avancé qu'elle.

Amir et Wooders (2000) étudient cette idée dans un modèle comprenant deux étapes. Lors de la première étape, les firmes choisissent simultanément un niveau d'effort de R&D. Les programmes de R&D servent à diminuer le coût de production unitaire des firmes. La firme qui a choisi le niveau d'effort le plus élevé ne bénéficie d'aucun spillover de sa concurrente. Pour l'autre firme, les spillovers sont aléatoires. Avec probabilité β , la firme observe parfaitement la technologie de sa rivale et peut l'imiter sans coût. Avec probabilité $1 - \beta$, la firme n'obtient aucune information de sa rivale et coût de production ne dépend que de

l'effort qu'elle a elle-même réalisé. Lors de la seconde étape, les firmes se livrent une concurrence en prix ou en quantité. Cette seconde étape n'est pas modélisée de façon explicite ; elle est résumée par des fonctions de profits réduites. Le principal résultat est qu'à l'équilibre, les firmes choisissent des niveaux de R&D différents. Des firmes *ex ante* identiques choisissent des niveaux de R&D. L'une d'elle décide donc de devenir le leader de cette industrie, tandis que la seconde choisit, de façon endogène, le rôle d'imitateur potentiel. Pour comprendre ce résultat, supposons que les deux firmes choisissent le même niveau de R&D. Si l'une des firmes réduit son effort, son coût de production peut augmenter mais cette augmentation n'intervient qu'avec probabilité $1 - \beta$. En revanche, si la seconde firme réduit elle aussi son effort de R&D, son coût augmente avec probabilité 1. L'incitation marginale de la première firme à réduire son effort est donc supérieure à celle de la seconde firme. Si la solution est intérieure, cela conduit les firmes à choisir des niveaux de R&D différents. Les auteurs montrent aussi que si β augmente, les deux firmes réduisent leurs efforts de R&D. Des spillovers plus importants découragent les efforts de R&D de la firme leader. Ils diminuent aussi les efforts de R&D de la seconde firme car les efforts qu'elle fait ne permettent de diminuer son coût qu'avec une probabilité $1 - \beta$ plus faible. Les auteurs montrent, enfin, que, si les deux firmes peuvent créer un laboratoire de recherche commun (cas J) en partageant les résultats et les coûts, l'effort de R&D de ce laboratoire est supérieur à l'effort de R&D de la firme leader dans le cas non-coopératif.

Tesoriere (2008) suppose aussi que les spillovers ne peuvent aller que dans un sens, mais son interprétation est différente et conduit à une modélisation et des résultats différents. Cet auteur retient une interprétation temporelle des spillovers. Les firmes qui se lancent tardivement dans des programmes de R&D bénéficient des recherches des firmes qui ont déjà complété leur programme de recherche. En revanche, si les firmes conduisent leur programme de R&D simultanément aucune ne bénéficie de spillovers en provenance de ses rivales. Le niveau des spillovers dépend donc du timing du jeu. L'auteur étudie le cas d'un duopole et compare le cas où les deux firmes mènent leur recherche simultanément avec des spillovers nuls et le cas où une firme est leader en R&D et ne bénéficie pas de spillovers tandis que sa concurrente est *follower* en R&D et bénéficie d'une fraction β des recherches du leader. Dans les deux cas, les firmes se livrent ensuite une concurrence à la Cournot (en choisissant leurs quantités simultanément). L'auteur endogénéise ensuite le timing en introduisant une étape préliminaire durant laquelle les firmes choisissent simultanément le moment où elles souhaitent mener leurs recherches de R&D parmi deux sous-périodes possibles. Choisir la position de leader résulte de l'arbitrage suivant : lorsque les efforts de R&D sont des substituts, cela permet de s'engager sur un effort de R&D important et d'inciter la firme concurrente à réduire sa propre R&D, cependant, en choisissant la position de leader, une firme offre une fraction de ses résultats à sa concurrente. Une firme n'a intérêt à prendre le rôle de leader que si le degré de spillovers vers sa concurrente est faible. De même, une firme n'accepte la position de suiveur que si les spillovers reçus compensent le désavantage stratégique de choisir son effort de R&D en second et de permettre à la firme leader de s'engager sur un niveau de R&D élevé. Une firme n'accepte ce rôle que si les spillovers sont suffisamment faibles. L'auteur montre qu'il n'existe aucune valeur de β pour laquelle une des firmes accepte le rôle de leader et l'autre firme accepte le

rôle de *follower*. Il y a toujours au moins une des firmes qui préfère que les choix de R&D soient simultanés. Il en résulte qu'à l'équilibre, les firmes choisissent leurs niveaux de R&D simultanément et donc à l'équilibre il n'y a pas de spillovers entre les firmes.

4.5 Coopération et course au brevet

Miyagiwa et Ohno (2002) étudient les mêmes questions que AJ mais dans le modèle de Lee et Wilde (1980). Les firmes choisissent des niveaux d'effort de R&D qui conditionnent leur probabilité d'innover avant une certaine date. La firme qui innove la première peut breveter son invention ou être la seule à l'exploiter car elle est tenue secrète. Cependant, après un intervalle de temps T , l'innovation peut être librement exploitée par toutes les autres firmes. Les spillovers portent donc sur les résultats du programme de R&D et non sur les efforts de R&D avant l'innovation. Les auteurs étudient l'impact sur l'équilibre de différentes formes de coopération entre les firmes. Ils montrent que les firmes ont toujours intérêt à coordonner leurs efforts de R&D (Cas C) ; mais n'ont pas toujours intérêt à créer une joint-venture pour partager les résultats de leur programme de R&D (Cas CJ). Les firmes n'ont intérêt à créer un joint venture, dont l'effet est que les spillovers sont immédiats ($T = 0$), que si les profits de l'industrie lorsque toutes les firmes ont innové est supérieur au profit de l'industrie lorsque une seule firme a innové. Lorsque l'innovation porte sur une diminution du coût marginal dans un modèle de concurrence à la Cournot, les firmes ont intérêt à partager leurs résultats lorsque l'innovation est petite et ne les partagent pas lorsque l'innovation est importante. Dans le cas C, le niveau d'effort des firmes est plus faible qu'en l'absence de coordination si les spillovers sont faibles (T est élevé) mais plus élevé si les spillovers sont importants (T est faible). Si les firmes ont intérêt à partager les résultats alors le niveau d'effort des firmes est plus élevé dans le cas CJ que dans le cas C. Sinon, c'est l'inverse. Lorsque les firmes coordonnent leurs efforts de R&D, elles prennent en compte les effets de leur programme de R&D sur le bénéfice des autres firmes. En revanche, elles ne prennent pas en compte les effets sur le surplus des consommateurs. Il en résulte que lorsque les firmes coordonnent leurs programmes de R&D, leur niveau d'effort est inférieur au niveau d'effort socialement optimal.

4.6 Lien avec la concurrence sur le marché des biens

Cabral (2000) étudie les liens entre les efforts de R&D des firmes et leur comportement sur le marché du bien. Dans ce modèle, deux firmes se livrent une concurrence en prix à la Bertrand infiniment répétée. Parallèlement, les deux firmes essaient de mettre au point une innovation. Cette innovation ne peut pas être brevetée et la probabilité qu'elle intervienne au cours de la période considérée dépend des efforts consentis par les deux firmes. Ces efforts ne sont pas observés par l'autre firme, les firmes ne peuvent donc pas les insérer dans un contrat. Le mode d'organisation de la R&D est donc identique à celui que Kamien, Muller et Zang (1992) appellent *RJV competition* : *NJ*. Formellement, au début de chaque période les firmes choisissent simultanément un prix p_i et un niveau d'effort de R&D x_i . Dans le premier exemple, x_i peut prendre deux

valeurs 0 et 1. Si les deux firmes choisissent un effort nul, la probabilité d'apparition de l'innovation est nulle. Si une seule firme choisit un effort positif, la probabilité de découverte est égale à β . Si les deux firmes font des efforts, la probabilité de découverte est égale à $\alpha > \beta$. Une fois que l'innovation a été réalisée, le jeu continue mais les deux firmes ne choisissent plus qu'un prix à chaque période et les profits de monopole, si elles arrivent à coopérer, sont plus élevés. Cabral montre que pour certaines valeurs des paramètres du modèle, lorsque les firmes choisissent le prix de monopole, elles peuvent ne pas avoir intérêt à faire des efforts de R&D. Pour restaurer l'incitation à réaliser de la R&D, les firmes peuvent avoir intérêt à s'entendre pour réduire les prix au-dessous du prix de monopole, bien que le taux d'actualisation soit suffisant pour soutenir un accord de collusion parfaite. Dans ce cas, les profits avant innovation diminuent et les firmes souhaitent arriver plus rapidement à la situation après innovation. Elles choisissent donc $x_i = 1$ jusqu'à ce que l'innovation intervienne²³. L'auteur présente ensuite un autre exemple où les firmes choisissent de retarder l'innovation afin de prolonger la collusion tacite. La collusion tacite peut devenir plus compliquée à soutenir si après l'innovation la différence entre le profit de monopole et le minimax du profit devient plus faible qu'avant l'innovation. Cela peut arriver notamment si après l'innovation le degré de différenciation entre les deux produits augmente. Dans ce cas, les firmes peuvent avoir intérêt à réduire leurs efforts de R&D afin de prolonger un peu plus longtemps l'équilibre de collusion tacite.

4.7 Intervention publique

Leahy et Neary (1997) étudient les possibilités d'intervention des autorités publiques dans des oligopoles fonctionnant comme ceux décrits par AJ et KMZ. Les résultats dépendent des hypothèses faites sur les moyens d'intervention du gouvernement. On peut supposer que le gouvernement peut intervenir sur les efforts de R&D des firmes et sur leurs niveaux de production ou uniquement sur leurs efforts de R&D. Il faut ensuite préciser la chronologie des décisions gouvernementales et le degré d'engagement de l'Etat. L'Etat peut-il s'engager sur les niveaux de ses deux instruments d'intervention dès le début du jeu ? Ou doit-on supposer que les taxes/subventions à la production sont choisies après que les firmes ont choisi leurs niveaux de R&D ? L'Etat peut-il avoir intérêt à revenir sur les niveaux annoncés après que les firmes ont choisi leurs niveaux de R&D ?

Comme l'Etat veut agir sur deux variables, pour atteindre l'optimum de premier rang, il doit disposer de deux instruments. Lors de la seconde étape du jeu, les firmes produisent moins qu'il n'est socialement optimal. L'Etat souhaite donc subventionner les firmes pour qu'elles augmentent leur production jusqu'au niveau où leur coût marginal est égal au prix. L'introduction d'une subvention à la production permet d'obtenir le niveau de production socialement optimal pour des niveaux de R&D donnés. L'Etat doit aussi intervenir lors de la première étape pour corriger les choix de niveaux de R&D des firmes. Si en seconde période les firmes se livrent une concurrence à la Cournot, alors elles ont tendance à choisir des niveaux de R&D trop élevés si les spillovers sont faibles et que les firmes ne coopèrent pas et trop faibles si les spillovers

²³On obtient donc un résultat opposé à celui de Lin (1998).

sont élevés ou si les firmes coopèrent. Dans le premier cas, l'Etat doit taxer les dépenses de R&D des firmes et les subventionner dans les deux autres cas. Si les firmes se livrent une concurrence en prix, elles choisissent toujours des niveaux de R&D trop faibles. Dans ce cas, l'Etat doit donc subventionner les programmes de R&D des firmes pour atteindre l'optimum social.

Si l'Etat ne peut pas s'engager sur le niveau des subventions à la production avant que les firmes ne choisissent leurs niveaux de R&D, un nouvel effet apparaît. Si les firmes augmentent leur niveau de R&D, elles augmentent l'écart entre le coût de production marginal et le prix d'équilibre à l'équilibre en l'absence d'intervention de l'Etat. L'Etat va alors devoir proposer des subventions plus élevées pour atteindre l'optimum social lors de la phase de production. Les firmes ont donc tendance à augmenter leurs efforts de R&D à la première étape pour obtenir des subventions plus élevées à la seconde étape. L'Etat doit tenir compte de cet effet lors de la première étape et diminuer les subventions à la R&D.

Si l'Etat ne peut pas subventionner la production des firmes, l'optimum de premier rang ne peut plus être atteint. Si les firmes ne sont plus subventionner en seconde période, alors pour un même niveau de subvention en première période, elles réduisent leurs efforts de R&D. Du point de vue social, l'utilité d'une unité supplémentaire de R&D est plus faible que lorsqu'il est possible de subventionner la R&D. La conjonction de ces deux effets peut amener le gouvernement à fixer des subventions à la R&D plus élevées ou plus faibles que dans le cas où des subventions à la production sont possibles. Il n'est pas possible de dégager de résultats généraux dans ce cas.

4.8 Partage des coûts

Dans le modèle de AJ, la création d'une RJV avait pour but d'internaliser les externalités dues aux spillovers. Une autre incitation à créer une RJV vient de la possibilité pour les firmes de partager les coûts fixes de développement d'un nouveau produit ou d'un nouveau procédé de production.

Kabiraj (2007) propose deux petits modèles qui étudient les incitations de deux firmes à créer une RJV. Dans le premier modèle²⁴, un programme de R&D a un coût fixe R et il génère une probabilité r de réussir à innover. Si une seule des deux firmes innove, elle obtient un brevet et exploite le marché comme un monopole. Si les deux firmes innovent, chacune a une probabilité égale à $1/2$ d'obtenir le brevet. Si les deux firmes coopèrent, elles partagent le coût fixe du programme de recherche. Elles ne supportent donc chacune qu'un coût fixe égal à $R/2$, mais, elles doivent partager les résultats en cas d'innovation. En cas d'innovation, le marché devient un duopole. Kabiraj (2007) montre que, lorsque R est faible, les firmes coopèrent si r est élevé et ne coopèrent pas si r est faible, et, lorsque R est élevé, les firmes coopèrent si r est faible ou élevé et ne coopèrent pas si r est intermédiaire. Dans le second modèle, les firmes ont initialement un coût unitaire de production égal à la disposition à payer la plus élevée des consommateurs. Les firmes ne peuvent donc pas entrer sur ce marché et réaliser des profits. Cependant, elles peuvent tenter de diminuer leur coût de

²⁴Ce premier modèle est une variante de modèles étudiés par Marjit (1991) et Combs (1992).

production en développant un nouveau procédé de fabrication. Si ce procédé est mis au point, le coût de production est réduit de ε . Les programmes des firmes sont complémentaires, ce qui signifie que si les firmes coopèrent et que les deux programmes sont des réussites, le coût de production diminue de 2ε . La probabilité de réussite de chacun des programmes est égale à la racine carrée des efforts de R&D engagés. Le choix des firmes de coopérer dépend de la taille ε de l'innovation et de la comparaison des profits de monopole et de duopole (si une seule innovation réussit, le marché est un monopole si les firmes n'ont pas coopéré mais un duopole si elles ont coopéré). Kabiraj (2007) montre qu'une augmentation de ε accroît les incitations des firmes à coopérer. Il illustre ce résultat par un exemple où les firmes se livrent une concurrence à la Cournot et où la fonction de demande inverse est linéaire.

5 Spillovers endogènes

5.1 Echange d'information

5.1.1 Choix du niveau des spillovers

Kultti et Takalo (1998) étudient les incitations des firmes à échanger les résultats de leur programme de R&D. Leur modèle est fortement inspiré par d'Aspremont et Jacquemin (1988), à l'exception que les firmes choisissent le niveau des spillovers. Le jeu se compose de 3 étapes. Lors de la première étape, les firmes choisissent leurs dépenses de R&D de façon non-coopérative. Lors de la deuxième étape, les deux firmes ont la possibilité de partager les résultats de leur programme de R&D. Si les deux firmes sont d'accord pour échanger leurs résultats, le niveau des spillovers est égal à β , sinon, il est égal à 0. Lors de la troisième étape, les firmes se livrent une concurrence à la Cournot. Les auteurs montrent que si les paramètres de spillovers des deux firmes sont proches, ces dernières ont toujours intérêt à échanger leurs résultats de R&D.

5.1.2 Joint-Venture et échange d'information

Katsoulacos et Ulph (1998) étudient l'impact de la formation d'une joint-venture sur les choix des firmes d'échanger des informations. L'idée de leur modèle est assez semblable à celle de Kultti et Takalo (1998) - les firmes peuvent contrôler les informations qu'elles transmettent à leurs concurrentes - mais le modèle à une formulation beaucoup plus générale. Les activités de recherche des firmes dans le modèle de Katsoulacos et Ulph (1998) se décomposent en trois étapes. Lors de la première étape, les firmes, au nombre de deux, choisissent simultanément le design de leur projet de recherche. Ce choix de ligne de recherche détermine la proportion, $\kappa \in [\underline{\kappa}, \bar{\kappa}]$, de la recherche d'une firme qui peut potentiellement intéresser la firme concurrente. Lors de la deuxième étape, les firmes choisissent simultanément le niveau de leurs dépenses de R&D. Ce niveau de R&D détermine la probabilité, p , que la firme réussisse à concrétiser son projet de recherche. Enfin, lors de la troisième étape, chacune des firmes choisit la proportion, $\sigma \in [\underline{\sigma}, \bar{\sigma}]$, des connaissances qu'elle a développées qu'elle souhaite divulguer à la firme concurrente. Le niveau de connaissance finalement

obtenue par une firme est égal à $\tau(s, r)$. Où s est la connaissance que la firme a développé elle-même. $s = 1$, si la firme a réussi son projet de recherche et $s = 0$, sinon. r est la connaissance reçue de l'autre firme. $r = 0$, si l'autre firme a échoué dans son projet de recherche et $r = \kappa\sigma$ si l'autre firme a réussi son projet. Les deux sources de connaissance peuvent être substituables (si les deux firmes ont développé les mêmes connaissances) ou complémentaires. Le degré de complémentarité des projets est mesuré par le paramètre γ dont la valeur est exogène.

$$\tau(s, r) = \begin{cases} s + r & \text{si } \gamma = \infty \\ \left[s^{\frac{1+\gamma}{\gamma}} + r^{\frac{1+\gamma}{\gamma}} \right]^{\frac{\gamma}{1+\gamma}} & \text{si } 0 < \gamma < \infty \\ \max(s, r) & \text{si } \gamma = 0 \end{cases}$$

Les firmes utilisent, ensuite, les connaissances acquises dans leurs activités de production respectives. Les firmes peuvent produire des biens substitués, elles sont alors en concurrence sur le marché des biens, ou des biens complémentaires.

Les auteurs étudient deux types d'équilibre. Dans le premier, les firmes se comportent de façon non-coopérative à chaque étape du modèle. Dans le second, les firmes constituent une joint-venture. Elles choisissent alors les valeurs de κ , p et σ qui maximisent le profit joint des firmes (implicitement des transferts monétaires sont possibles entre les deux firmes).

Si les firmes produisent des biens complémentaires, elles choisissent $\kappa = \bar{\kappa}$ et $\sigma = \bar{\sigma}$ qu'elles forment ou non une joint-venture. Lorsque les firmes ont des activités complémentaires, chacune tire profit d'une augmentation de la production de l'autre. Chacune des firmes souhaite donc faire profiter l'autre de ses connaissances technologiques permettant une diminution de coût ou une augmentation de qualité. La création d'une joint-venture ne modifie pas les choix des firmes. Les firmes partagent spontanément leurs connaissances.

Si les firmes produisent des biens substitués et sont en concurrence sur le marché des biens, leur profit décroît quand le stock de connaissances de l'autre firme augmente. A l'équilibre non-coopératif, les firmes choisissent, donc, $\kappa = \underline{\kappa}$ et $\sigma = \underline{\sigma}$. Les firmes minimisent les spillovers vers leurs concurrentes. Lorsque les firmes créent une joint-venture, elles peuvent s'entendre pour partager certaines informations. Les résultats vont alors dépendre des propriétés de la fonction de profit joint des firmes. Dans certains cas, les profits joints augmentent lorsque les deux firmes ont des connaissances technologiques plus élevées (cas 1). Mais, dans d'autres cas, les profits joints sont maximaux lorsque l'écart technologique est maximal entre les deux firmes (cas 2). Les firmes restent en concurrence sur le marché des biens ; elles ne peuvent s'entendre ni sur les prix ni sur les quantités. Accroître l'écart technologique entre les deux firmes peut permettre à l'une des firmes de dominer le marché et de se comporter (presque) comme un monopole. Dans d'autres cas, le profit joint des firmes est une fonction non-monotone des connaissances technologiques de la firme technologiquement attardée. Dans certains cas, cette fonction est convexe (cas 3) et dans d'autres elle est concave (cas 4). Une relation convexe peut apparaître lorsque les firmes se livrent une concurrence à la Cournot et que l'innovation permet de diminuer le coût marginal de production. Une relation concave peut

apparaître lorsque les firmes se livrent une concurrence en prix avec des biens différenciés verticalement et que les connaissances technologiques permettent d'améliorer la qualité des produits. Les firmes vont donc s'efforcer de maximiser les connaissances technologiques de l'une des firmes. Pour l'autre firme, les transferts technologiques dépendent de la forme de la fonction de profit joint. Les auteurs supposent dans cette partie que $\underline{\sigma} = 0$, l'ampleur des spillovers peut donc être contrôlé à partir du seul choix de σ . On peut donc fixer $\kappa = 1$ pour les deux firmes.

Si les deux firmes réussissent à compléter leur projet de recherche, elles choisissent :

- $(\bar{\sigma}, \bar{\sigma})$ dans le cas 1. Elles partagent la totalité de leur connaissance.
- $(\bar{\sigma}, 0)$ dans le cas 2. L'une des firmes transmet la totalité de ses connaissances à l'autre. Tandis que l'autre firme ne transmet aucune connaissance à sa concurrente. Ces échanges très inégaux d'information permettent de maximiser l'écart technologique entre les deux firmes et les profits joints.
- $(\bar{\sigma}, \bar{\sigma})$ ou $(\bar{\sigma}, 0)$, suivant la valeur des paramètres, dans le cas 3.
- Dans le cas 4, l'une des firmes transmet l'intégralité de ses connaissances à l'autre. Tandis que l'autre firme ne transmet que partiellement ses connaissances à la première.

Lorsque seulement l'une des firmes réussit à concrétiser son projet de recherche. Elle transmet ses résultats dans le cas 1. Elle ne transmet aucune connaissance dans le cas 2. Dans le cas 3, suivant la valeur des paramètres, elle peut transmettre soit l'intégralité de ses résultats soit rien. Enfin, dans le cas 4, elle transmet seulement une partie des résultats obtenus.

La création d'une joint-venture peut donc aboutir à une transmission maximale d'information (cas 1), à une transmission minimale (cas 2) ou à une transmission partielle et asymétrique (cas 4). Dans les cas 2 et 4, les firmes peuvent aussi avoir intérêt à choisir des efforts de R&D asymétriques lors de l'étape 2 et, dans certains cas, elles peuvent même avoir intérêt à fermer l'un des laboratoires de recherche à l'étape 2 et à ne choisir un effort de R&D positif que pour une seule des firmes. Cette fermeture de l'un des laboratoires n'est pas décidée pour éliminer les duplications de coût mais pour des raisons anti-compétitives, les firmes cherchent à maximiser l'écart technologique entre les deux firmes pour réduire la concurrence sur le marché des biens.

5.1.3 Choix d'organisation des RJV

Le modèle étudié par Vonortas (1994) est basé sur celui d'A.J. Il s'en distingue, cependant, par deux différences importantes. Premièrement, Vonortas (1994) introduit deux types de R&D bien distincts : une R&D fondamentale dont les résultats peuvent être partagés entre les firmes et une R&D tournée vers le développement des produits qui est spécifique à chaque firme. Deuxièmement, l'auteur considère deux types différents d'organisation des *joint-venture* : dans le premier (*Secretariat RJV*), les firmes décident en commun du niveau de R&D fondamentale que chaque firme doit faire mais les programmes de R&D de chaque firme sont

menés en parallèle dans chacune des firmes ; dans le second (*Operating entity RJV*), les firmes créent un laboratoire commun qui mènent la R&D fondamentale. Dans le premier mode d'organisation, les spillovers entre les firmes restent égaux à β , c'est-à-dire à leur niveau lorsque les firmes ne créent pas de *joint venture* (comme dans A.J). Dans le second mode d'organisation, le taux de spillovers est égal à 1 ; chacune des firmes profite pleinement des recherches fondamentales menées en commun. Le jeu se compose de trois étapes. Lors de la première étape, les firmes choisissent leurs efforts de R&D fondamentales. Le degré de coopération à cette étape dépend du mode d'organisation retenue : pas de coopération, coordination des efforts de R&D ou laboratoire commun. Lors de la deuxième étape, les firmes choisissent non coopérativement leurs efforts de développement. Ces programmes de développement comme ceux de recherche fondamentale ont pour effet de réduire le coût unitaire de production des firmes. Mais, ces programmes de développement sont spécifiques à chaque firme et ils ne génèrent pas de spillovers. Lors de la troisième étape, les firmes se livrent une concurrence à la Cournot. Dans ce modèle, les efforts des firmes lors de l'étape de développement sont des fonctions croissantes de la R&D fondamentale effective de la firme et décroissantes de la R&D effective de la firme rivale. Ce sont donc des fonctions croissantes de l'effort de R&D fondamentale de la firme. Le degré de spillovers de l'étape 1 détermine, si les efforts de développement sont des fonctions décroissantes ou croissantes de l'effort de R&D fondamentale de la firme rivale.

Les auteurs déterminent les efforts de R&D pour les trois modes d'organisation possible de la première étape du jeu et les comparent. Ils montrent que la coordination des efforts de R&D fondamentales conduit à des niveaux d'efforts plus élevés que l'absence de coopération si ces efforts sont des compléments stratégiques. Ce qui se produit lorsque $\gamma > \frac{2}{3b} \frac{\beta}{2\beta-1}$ où γ mesure le coût de la R&D fondamentale et b est la pente de la fonction de demande inverse. Les efforts de R&D fondamentales sont des compléments stratégiques lorsque le niveau des spillovers est suffisamment élevé. Des niveaux de R&D fondamentales plus élevés impliquent des niveaux d'effort de développement plus élevés et des niveaux de production plus élevés. Lorsque les efforts de R&D fondamentales sont des substituts, les niveaux des deux types de R&D sont plus élevés lorsque les firmes les choisissent non coopérativement que lorsqu'elles les coordonnent. Les auteurs comparent ensuite la non coopération avec la recherche commune. Si $\gamma > \frac{2}{3b} \frac{1}{\beta}$, un laboratoire commun génère des niveaux de R&D fondamentales, des efforts de R&D et des niveaux de production plus élevés que l'absence de coopération. Si $\gamma < \frac{2}{3b} \frac{3-\beta}{\beta^2-\beta+2}$, on obtient les résultats opposés. La création d'un laboratoire commun entraîne une réduction des deux types de R&D et de la production des firmes. Pour les valeurs intermédiaires de γ , les résultats dépendent de l'impact de la recherche fondamentale sur le niveau de recherche de développement choisi. Les firmes ont tendance à sur-investir en R&D de développement²⁵, le choix de la R&D fondamentale peut servir à réduire ce problème. Ce cas se décompose en quatre sous-cas²⁶. Si cet impact est faible, les efforts des deux types de R&D augmentent. Si cet impact est un peu plus élevé, les efforts de R&D fondamentales des firmes diminuent. Cependant, comme les résultats de cette R&D sont parfaitement partagés, la R&D effective des firmes augmente et les efforts de R&D de développement des firmes augmentent. Si cet impact

²⁵ Une fois la première étape jouée, le modèle ressemble beaucoup à celui de Brander et Spencer (1983).

²⁶ Voir l'article pour la valeur des frontières.

est très élevé, la création d'un laboratoire commun réduit les deux types de R&D.

Dans la dernière partie de leur article, les auteurs étudient les conséquences sur le surplus social du mode d'organisation de l'étape de R&D fondamentale. Lorsque $\beta = 1$, les deux types de *joint-venture* sont préférables à la non coopération. On obtient le résultat opposé lorsque $\beta = 0$. La non coopération est préférable à la coordination lorsque les efforts de R&D fondamentales sont des substituts (i.e lorsque β est faible). La création d'un laboratoire commun est préférable à la simple coordination des efforts de R&D car elle permet un meilleur échange des résultats et élimine la duplication des efforts de recherche. La non coopération est préférable à la création d'un laboratoire commun uniquement si β est faible, γ est faible et b est faible. Donc, uniquement lorsque les incitations des firmes à faire de la R&D sont très élevées (peu de spillovers, coût de la R&D faible et marché important).

5.1.4 Echange d'information et jeux répétés

Dans les deux modèles précédents, on supposait que les firmes respectaient l'accord d'échange d'information. Eaton et Eswaran (1997) supposent que les firmes peuvent ne pas livrer les informations promises. Dans leur modèle, à chaque période, les firmes appartenant à une alliance peuvent révéler aux firmes alliées les informations dont elles disposent ou les garder secrètes²⁷. Chaque firme fait son choix simultanément et les firmes qui ne livrent aucune information profitent tout de même des informations divulguées par les autres firmes. Après cette phase d'échange d'information, les firmes choisissent leur prix ou leur niveau de production. Si le jeu n'est joué qu'une fois, aucune firme ne souhaite révéler les connaissances technologiques dont elle dispose. Cependant, si le jeu est joué plusieurs fois, on peut construire des mécanismes analogues à ceux de la collusion tacite qui permettent un échange d'information au sein d'une alliance de firmes à chaque période. Dans le modèle, les connaissances technologiques permettent de réduire les coûts de production des firmes. Plus le nombre de firmes échangeant leurs informations est élevé et plus les coûts des firmes appartenant à cette coalition est faible. Si une firme dévie, elle profite des informations des autres firmes sans divulguer les siennes, ce qui lui assure un coût plus faible que celui de ses concurrentes. Pour obtenir un jeu stationnaire, les auteurs supposent que les informations technologiques sont oubliées à la fin de chaque période. Les auteurs proposent deux versions de leur modèle dans la première les firmes choisissent des prix et s'entendent sur ceux-ci, dans la seconde les firmes choisissent des quantités et se livrent une concurrence à la Cournot sans entente. Dans la version en prix, les auteurs supposent que les firmes appartenant à une coalition s'entendent sur les prix, sinon la concurrence entraînerait des profits nuls pour toutes les firmes. Les auteurs supposent que les informations transmises sont observées avant que les firmes choisissent leur prix. Donc, si une firme n'a pas transmis d'information, elle peut être punie dès la phase de choix des prix. L'accord entre les firmes doit donc être robuste à deux types de déviation. Une déviation lors de l'échange d'information et une déviation lors du choix des prix. Le mécanisme de l'accord fonctionne comme ceux de la

²⁷Von Hippel (1988) a décrit ce type d'alliances dans l'industrie sidérurgique aux USA à la fin du 19ème siècle et a proposé de le modéliser sous forme de jeux répétés.

collusion tacite à une différence notable près. On suppose généralement dans les modèles de collusion tacite que si une firme triche, l'accord est annulé pour toutes les firmes. Dans ce modèle de coalition technologique, il est préférable de prévoir l'exclusion de la firme qui a triché mais la prolongation de l'alliance entre les autres firmes. Lorsque la concurrence est en prix, les deux types d'accord ne changent rien pour la firme qui a dévié, son profit de punition est nul. En revanche, la prolongation de l'accord est préférable pour les autres firmes qui obtiennent un profit positif sur le sentier de punition. La résolution de la version du modèle où les firmes se livrent une concurrence en quantités est un peu plus complexe. Il reste préférable de prolonger l'accord technologique entre les firmes n'ayant pas dévié après la déviation d'une firme. Cela augmente les profits des firmes qui n'ont pas dévié sur le sentier de punition et cela diminue les profits de la firme qui a dévié sur le sentier de punition. Sur le sentier de punition, les profits de la firme qui a dévié restent positifs, mais ils sont une fonction croissante du coût des autres firmes et donc ils sont plus faibles si les autres firmes continuent de collaborer. Le problème technique est qu'il faut vérifier que les $n - 1$ autres firmes ont intérêt à continuer de collaborer. Pour le vérifier, il faut savoir si la coalition reste stable avec $n - 2$ firmes, etc. Or, avec des formes fonctionnelles générales, le niveau du facteur d'actualisation pour lequel une coalition est stable n'est pas nécessairement une fonction monotone du nombre de firmes incluses dans la coalition. Les deux auteurs ont donc recours à deux exemples pour illustrer le mécanisme qu'ils proposent. Ils montrent dans ces deux exemples que le mécanisme où la collaboration continue entre les firmes qui n'ont pas dévié est plus stable que le mécanisme où la collaboration cesse totalement dès qu'une firme dévie.

Les auteurs discutent ensuite la possibilité d'endogénéiser la taille des coalitions. Ils ne mènent pas une étude générale mais s'appuient sur leurs deux exemples. On retrouve des effets analogues à ceux de Poyago-Theotoky (1995). Une coalition regroupant toutes les firmes n'est pas l'organisation qui maximise le profit par firme des firmes appartenant à la coalition. Lorsque les firmes étudient la possibilité d'accueillir un nouveau membre, elles doivent arbitrer entre la réduction de leur coût de production permise par les informations apportées par le nouveau membre et la réduction du coût de production du nouveau membre due aux informations que la coalition va lui transmettre. L'impact négatif du second effet peut dominer l'impact positif du premier, dans ce cas, il existe une taille de la coalition qui maximise le profit par firmes de ses membres et cette taille est inférieure au nombre de firmes de l'industrie. Dans l'un de leur exemple, les auteurs montrent que les firmes dont le nombre est fixé à quatre de façon exogène choisissent de former deux coalitions de deux membres chacune. Lorsque les firmes décident d'admettre ou de refuser un nouveau membre, elles doivent aussi prendre en compte le fait que ce membre peut peut-être rejoindre une autre coalition en cas de refus.

Eaton et Eswaran (2001) reprennent le même problème mais en supposant que le niveau de connaissance détenu par chaque firme en début de période varie dans le temps de façon aléatoire. Pour simplifier le problème, les auteurs limitent le nombre de firmes à deux et ils ne modélisent pas l'étape de concurrence. Les profits des firmes sont sous formes réduites et ils ne dépendent que du montant de connaissance de chacune des firmes et des niveaux de connaissance échangés. L'information détenue par une firme concurrente n'est

pas directement observable mais elle peut être déduit de l'observation de son profit en fin de période. Ce problème ressemble beaucoup à celui étudié par Rotemberg et Saloner (1986) dans la littérature sur la collusion tacite. Il existe cependant quelques différences entre les deux approches. La principale différence vient du fait que la connaissance peut être indivisible. La collusion tacite peut être partielle ; lorsque les firmes se livrent une concurrence en quantités, elles peuvent choisir des quantités intermédiaires entre celles d'un monopole et celles de l'équilibre de Cournot. Lorsque les firmes échangent des innovations, un échange partiel peut ne pas être réalisable. Dans certains cas, les firmes doivent divulguer totalement une idée ou la garder totalement secrète. Eaton et Eswaran (2001) traitent séparément les cas où l'information divisible et ceux où elle ne l'est pas. Les auteurs étudient d'abord le cas où l'information est indivisible. Ils commencent par montrer que si l'échange d'un certain niveau de connaissance est soutenable alors les firmes ont intérêt à échanger tous les niveaux de connaissance inférieurs. Les accords de partage stipulent donc un niveau de connaissance seuil. Lorsqu'une firme obtient un niveau de connaissance inférieur ou égal à ce seuil, elle doit le transmettre à sa concurrente. En revanche, si elle obtient un niveau de connaissance supérieur, elle peut le conserver uniquement pour elle. Le non respect de cet accord conduit à un retour à l'équilibre non coopératif où les firmes n'échangent aucune information. Intuitivement, on peut penser que plus le seuil est élevé plus l'accord sera difficile à soutenir. Cette intuition est fautive. Les auteurs montrent que si le seuil est très bas, l'accord ne peut jamais être soutenu. Si le seuil est bas, le niveau d'information est rarement en dessous de ce seuil. Donc, si une firme obtient un niveau d'information au dessous du seuil, son profit courant diminue si elle le divulgue. Elle peut espérer obtenir des informations de l'autre firme en échange mais cela ne se produit qu'avec une probabilité faible et donc la firme devra attendre de nombreuses périodes pour obtenir des informations en échange. Les firmes n'ont donc pas intérêt à respecter des accords prévoyant un seuil faible. Les accords prévoyant des seuils très élevés peuvent aussi être difficiles à soutenir. Lorsqu'une firme obtient un niveau de connaissance très élevé, elle peut augmenter très fortement son profit courant en ne partageant pas cette connaissance. L'intuition est la même que dans le modèle de Rotemberg et Saloner (1986) où la collusion est fragile lorsque la demande est forte. La soutenabilité des accords d'échange de connaissance n'est donc pas nécessairement une fonction monotone du seuil de partage des connaissances et il est impossible de prédire la forme de la relation entre les deux dans un modèle très général. Les auteurs présentent donc des exemples avec des formes fonctionnelles particulières. Dans le premier (le niveau de connaissance suit une loi uniforme), ils montrent que si l'accord peut être soutenu pour un certain seuil alors il peut être soutenu pour un seuil égal au montant maximum de connaissance pouvant être obtenu. L'échange de connaissance est donc soit total soit nul. Ils montrent alors qu'une augmentation de l'incertitude affaiblit la possibilité de soutenir un tel accord. Lorsque le rapport du montant maximum de connaissance pouvant être obtenu sur la moyenne de ce niveau augmente, l'accord de coopération devient plus fragile. Dans le second (le niveau de connaissance suit une loi gamma), les auteurs montrent que les accords stipulant un seuil intermédiaire peuvent être soutenus alors que des accords stipulant des seuils faibles ou élevés ne le peuvent pas. La relation entre le seuil et la possibilité de soutenir l'accord dépend donc de façon étroite de la fonction de distribution du niveau de connaissance. Les auteurs étudient ensuite le cas où la connaissance est

divisibles. Les firmes peuvent librement choisir le niveau de connaissance échangé entre 0 et le niveau dont elles disposent. Les accords de coopération stipulent alors un seuil de connaissance. Si une firme obtient un niveau de connaissance inférieur au seuil, elle doit divulguer l'intégralité de ses connaissances. Si elle obtient un niveau supérieur au seuil, elle ne divulgue que le niveau de connaissance égal au seuil. Dans ce cas, les résultats ressemblent plus à ceux de Rotemberg et Saloner (1986). Les accords stipulant des seuils faibles sont plus faciles à soutenir que ceux stipulant des seuils élevés. Les firmes choisissent le seuil maximum lorsque cet accord est soutenable. Lorsque l'incertitude augmente ce seuil n'est plus soutenable, les firmes choisissent alors le seuil le plus élevé soutenable. Les accords stipulant un seuil proche de zéro sont toujours soutenables. Les firmes choisissent donc, lorsque l'information est divisible, toujours de partager les innovations de faibles importance ; en revanche, les innovations très importantes ne le sont pas nécessairement.

5.2 Capacités d'absorption

Dans les modèles présentés dans la section précédente, les spillovers ne dépendent pas du comportement de la firme qui en bénéficie. Il est cependant possible qu'une firme ne puisse assimiler les découvertes de ses concurrentes que si elle possède des "capacités d'absorption" (Cohen et Levinthal, 1989). La firme assimilera plus facilement les découvertes de ses concurrentes, si elle mène elle-même des recherches proches de celles de ses concurrentes.

Cette idée est modélisée par Kamien et Zang (2000). Ces derniers supposent que la recherche effective d'une firme est donnée par :

$$X_i = x_i + (1 - \delta_i)(1 - \delta_j) \beta x_i^{\delta_i} x_j^{1-\delta_i}$$

où x_i est l'effort de R&D de la firme ; x_j est l'effort de R&D de la firme concurrente ; δ_i et δ_j sont des paramètres dont la valeur est choisie par les firmes entre 0 et 1. Avec cette modélisation, les spillovers dont bénéficient la firme i dépend de son propre effort de R&D. Les spillovers dépendent aussi des valeurs de δ_i et δ_j . Si $\delta_i = \delta_j = 0$, on obtient une formulation analogue à celle de d'Aspremont et Jacquemin (1988) :

$$X_i = x_i + \beta x_j$$

$\delta_i = \delta_j = 0$ indique que les firmes ont choisi des voies de recherche semblables et que les possibilités d'échange d'information sont maximales.

Si, au contraire, la firme i choisit de mener un programme de R&D qui lui est spécifique, alors $\delta_i = 1$ et elle ne bénéficie plus d'aucun spillover :

$$X_i = x_i$$

Inversement, sa concurrente ne bénéficie plus non plus d'aucun spillover.

Les auteurs définissent la capacité d'absorption (*absorptive capacity*) d'une firme comme :

$$AC_i = (1 - \delta_i) x_i^{\delta_i}$$

Elle est égale à 0 lorsque $\delta_i = 1$ et à 1 lorsque $\delta_i = 0$.

Les auteurs étudient un jeu en trois étapes. Lors de la première, les firmes choisissent simultanément le degré de spécificité δ_i de leur programme de R&D. Lors de la deuxième, elles choisissent le niveau de leur programme de R&D. Les firmes se livrent, enfin, une concurrence en quantité à la Cournot. Les programmes de R&D permettent de réduire les coûts de production, comme dans d'Aspremont et Jacquemin (1988). Les auteurs distinguent quatre cas différents selon que les firmes peuvent coopérer ou non lors des étapes 1 et 2. Les auteurs montrent que si les firmes coopèrent lors de la deuxième étape alors, lors de la première étape, elles choisissent des projets de recherche similaires $\delta_i = \delta_j = 0$ que ce choix soit coopératif ou non coopératif. En revanche, si les budgets de recherche sont choisis non-coopérativement lors de la deuxième étape, alors, lors de la première étape, les firmes choisissent des projets de recherche spécifiques à chaque firme : $\delta_i = \delta_j = 1$. Lorsque des spillovers existent, les firmes sont incitées à augmenter leurs efforts de R&D pour bénéficier de capacités d'absorption plus élevées.

Wiethaus (2005) conteste le résultat avancé par Kamien et Zang (2000) selon lequel les firmes choisissent des programmes de recherche spécifiques lorsque les choix des efforts de R&D sont non coopératifs. Il simplifie le modèle précédent en supposant que la recherche effective d'une firme est égale à :

$$X_i = x_i + (1 - \delta_i)(1 - \delta_j)\beta x_j$$

En résolvant ce modèle, dans le cas où les firmes choisissent leurs efforts de R&D de façon non-coopérative lors de la deuxième étape du jeu, Wiethaus (2005) trouve que le jeu admet deux équilibres de Nash lors de la première période. Dans l'un des équilibres, les deux firmes choisissent des programmes de recherche spécifiques, $\delta_i = \delta_j = 1$, comme dans Kamien et Zang (2000). Mais, dans le second équilibre, les deux firmes choisissent des programmes de R&D relativement proches, $\delta_i = \delta_j \in [0; 0,06]$ et $\delta_i = \delta_j = 0$ si $\beta < 0,884$. En outre, les firmes préfèrent le second équilibre au premier. Donc, contrairement à ce qu'avancait Kamien et Zang (2000), les firmes choisissent des programmes de R&D très proches afin de profiter de spillovers élevés. Chacune des firmes accepte de partager son savoir avec sa concurrente car cela lui permet d'obtenir en échange une partie des connaissances de l'autre firme. On retrouve un résultat semblable à celui de Kultti et Takalo (1998), les firmes choisissent de partager leurs connaissances si ce partage est réciproque. Le partage permet aux deux firmes d'obtenir un coût unitaire plus faible. Il leur permet aussi d'éliminer le problème de sur-investissement en R&D présent dans le modèle où les spillovers sont nuls. En l'absence de spillovers, si $\delta_i = \delta_j = 1$, les firmes sur-investissent en R&D (Brander et Spencer, 1983). Lorsque le niveau des spillovers augmente, les investissements en R&D diminuent. S'engager à partager les résultats de la R&D est donc une façon de réduire le problème de sur-investissement. Wiethaus (2005) complète l'analyse de son modèle simplifié en présentant des simulations qui montrent que le second équilibre de leur modèle est aussi un équilibre dans le modèle de Kamien et Zang (2000). L'auteur conclue que la prise en compte de la possibilité pour les firmes de modifier leurs capacités d'absorption en choisissant des programmes de recherche spécifiques ou génériques ne modifie pas fondamentalement les résultats trouvés par AJ, les firmes

choisissant des programmes de R&D proches que les choix de R&D soient coopératifs ou non-coopératifs.

5.2.1 Comparaison avec le modèle de AJ

Grünfeld (2003) propose une autre modélisation de l'idée que les firmes augmentent les spillovers qu'elles reçoivent en augmentant leurs dépenses de R&D. Il choisit une modélisation plus proche de celle du modèle de AJ afin de faciliter la comparaison des résultats obtenus. Il suppose que le coût unitaire de production de la firme i est égal à :

$$c - x_i - \theta_i(x_i) x_j$$

le paramètre β du modèle de AJ est remplacé par la fonction $\theta_i(x_i)$. Les spillovers reçus par la firme i sont une fonction croissante et concave de ses dépenses de R&D. Les autres hypothèses sont identiques à celles de AJ. Le jeu se décompose en deux étapes. Lors de la première, les firmes choisissent leurs efforts de R&D. Lors de la seconde, elles se livrent une concurrence à la Cournot. L'auteur se livre à une comparaison systématique des résultats obtenus dans ce modèle et dans celui de Cournot. Lorsque le paramètre β est fixé au même niveau que la valeur à l'équilibre de $\theta_i(x_i)$, alors les efforts de R&D des firmes sont plus élevés dans ce modèle que dans le modèle de AJ. Les firmes augmentent leurs dépenses de R&D pour augmenter leurs capacités d'apprentissage et profiter plus des dépenses de R&D de leur concurrente. Pour pouvoir pousser plus loin la comparaison des deux modèles, Grünfeld (2003) choisit une forme fonctionnelle particulière :

$$\theta(\gamma, x_i, s) = \frac{\gamma + sx_i}{1 + sx_i}$$

Lorsque $s = 0$ et $\gamma > 0$, on retrouve le modèle de AJ. Lorsque $s = 0$ et $\gamma = 0$, on obtient le modèle de Brander et Spencer (1983). L'auteur compare les résultats (obtenus par simulations) des cas $s = 0$ et $\gamma = \frac{1}{2}$, $s = 0$ et $\gamma = 0$, et $s > 0$ et $\gamma = 0$. Il choisit $\gamma = \frac{1}{2}$ dans le modèle de AJ, car pour cette valeur les firmes choisissent les dépenses de R&D qui minimisent leurs coûts de production. Il n'y a ni sous-investissement ni sur-investissement en R&D. Comme il n'y a pas de sur-investissement en R&D dans le modèle de AJ (pour cette valeur de γ) alors qu'il y a sur-investissement dans le modèle de Brander et Spencer (1983). Les dépenses de R&D dans le modèle de Brander et Spencer sont toujours plus élevées que dans le modèle de AJ avec $\gamma = \frac{1}{2}$. La comparaison des dépenses de R&D dans le modèle avec capacités d'absorption ($s > 0$) et dans les deux autres modèles dépend de la taille du marché (a). Lorsque a est faible, les dépenses de R&D sont les plus élevées dans le modèle avec capacités d'absorption. Lorsque a est intermédiaire, les dépenses de R&D dans le modèle avec capacités d'absorption sont comprises entre les dépenses de R&D obtenues dans les deux autres modèles. Lorsque a est élevée, les dépenses de R&D sont les plus faibles dans le modèle avec capacités d'absorption. Deux effets concourent à expliquer ces résultats. Le premier effet est l'effet traditionnel des spillovers, on a vu dans le modèle de AJ que lorsque les spillovers augmentaient les firmes réduisaient leurs dépenses de R&D. Dans le modèle avec capacités d'absorption, lorsque la taille du marché augmente, les firmes augmentent leurs dépenses de R&D. La production des firmes augmente donc leurs coûts de production variables augmentent ce qui incite les firmes à investir plus pour réduire

leur coût unitaire. Comme elles investissent plus les spillovers augmentent et donc l'effet traditionnel des spillovers augmente. Ce qui contribue à expliquer pourquoi les dépenses de R&D des firmes augmentent moins dans ce modèle que dans les deux autres lorsque la demande augmente. Le second effet est l'effet d'apprentissage dû aux capacités d'absorption. En augmentant ses dépenses de R&D, une firme bénéficie de spillovers plus importants. Cet effet positif l'incite à augmenter ses dépenses de R&D. Cependant, on a supposé que $\theta(\gamma, x_i, s)$ était une fonction concave de x_i , ce qui implique que le spillover est moins sensible à une augmentation de x_i lorsque x_i est élevé. L'effet d'apprentissage est donc plus élevé lorsque la demande est faible que lorsque la demande est élevée. Lorsque la demande est élevée, le niveau de spillover est déjà élevé et une augmentation des dépenses de R&D n'a plus qu'un effet très faible sur la valeur de θ .

Les simulations effectuées par l'auteur montrent aussi que le niveau de demande à partir duquel les dépenses de R&D du modèle avec capacités d'absorption deviennent plus faibles que celles du modèle de Brander-Spencer est une fonction décroissante de s . Ce niveau de demande est aussi une fonction décroissante de γ lorsque s et γ sont tous les deux strictement positifs. Lorsque $s > 0$, une augmentation de γ réduit les dépenses de R&D des firmes.

Grünfeld (2003) étudie, ensuite, le cas où les firmes forment une RJV et choisissent leurs dépenses de R&D de façon coopérative. Dans le modèle de AJ, la formation d'une RJV conduit les firmes à réduire leurs dépenses de R&D si $\beta < \frac{1}{2}$ et à les augmenter si $\beta > \frac{1}{2}$. Dans ce modèle, le sens de l'évolution des dépenses de R&D lorsqu'elles sont déterminées de façon coopérative dépend du signe de $1 + sx(1 - sx)$. Cette expression s'annule pour $\theta(\gamma = 0, x_i, s) \simeq 0,618$. Les firmes investissent plus en R&D dans le modèle avec capacités d'absorption, la zone dans laquelle elles sur-investissent de R&D est donc plus importante dans le modèle avec capacités d'absorption et donc la zone où une RJV entraîne une réduction des dépenses de R&D est plus importante.

Grünfeld (2003) étudie, enfin, les effets sur le surplus social. Il montre que le surplus social est toujours plus élevé dans le modèle avec capacités d'absorption que dans le modèle de Brander et Spencer. Lorsque la taille du marché est faible, le surplus social est maximal lorsque s est élevé. En revanche, lorsque la taille du marché est élevée, le surplus social est maximal pour une valeur de s faible (mais strictement positive).

5.2.2 Implications de politique économique

Leahy et Neary (2007) proposent une modélisation assez générale (et assez compliquée) des spillovers effectifs lorsque les capacités d'absorption sont endogènes. Les efforts de R&D des autres firmes utilisables par une firme sont égaux à $y(x, X, \delta)$ où x représente l'effort de R&D de la firme, X représente les efforts de R&D des autres firmes et δ est un paramètre mesurant la facilité ou la difficulté d'assimiler les résultats obtenus par les autres firmes. Lorsque δ augmente, le transfert de connaissance entre les firmes devient plus difficile. Les auteurs montrent que la dépendance de y à x augmente les incitations marginales des firmes à faire plus de R&D. Augmenter x a non seulement un effet direct sur les coûts de production de la firme mais

aussi un effet indirect car cela augmente les spillovers reçus. En revanche, l'intérêt pour une firme que les autres firmes fassent de la R&D est plus faible que dans un modèle où les capacités absorbatives sont exogènes. Dans ce modèle, la R&D des autres firmes n'est pas une source gratuite de connaissance, la firme doit consentir des efforts pour pouvoir l'assimiler, ce qui réduit son intérêt. Une implication importante de ces deux résultats est que lorsque δ augmente, les externalités technologiques entre les firmes sont plus faibles. Donc, une augmentation de δ réduit l'écart entre les rendements privés de la R&D et les rendements sociaux de la R&D. Les rendements sociaux de la R&D sont plus élevés que ces rendements sociaux lorsqu'il existe des externalités positives que les firmes ne prennent pas en compte. Lorsque δ augmente, les firmes doivent faire plus d'efforts pour assimiler les flux de connaissance qui émanent des programmes de recherche des autres firmes et les externalités technologiques ont une valeur moindre pour la société. Une conséquence est que, dans ce modèle, les RJV ont un attrait social plus faible que dans le modèle de AJ. La difficulté pour les firmes de profiter des efforts de recherche développement des autres augmente les incitations des firmes à faire de la R&D lorsqu'elles choisissent leur niveau de R&D de façon non-coopérative (leurs efforts sont plus facilement appropriables et la R&D d'une firme lui permet de profiter un peu plus des efforts des autres) et diminue les incitations des firmes à faire de la R&D lorsqu'elles choisissent leurs niveaux de R&D de façon coopérative (les efforts communs sont coûteux à partager). La probabilité que la création d'une RJV se traduise par des efforts de R&D accrus est plus faible que dans le modèle de AJ. Une augmentation de δ réduit le gain social généré par la création d'une RJV. Les auteurs montrent aussi que si x permet aussi d'augmenter la possibilité pour la firme d'assimiler des transferts technologiques provenant d'autres industries alors la création de connaissances dans les autres industries encourage les firmes à augmenter leurs efforts de R&D pour accroître leurs capacités d'apprentissage.

5.3 Cassiman et alii

Dans les deux modèles précédents, les firmes pouvaient choisir leurs niveaux de spillovers mais elles bénéficiaient de plus d'information de leurs concurrentes, elles devaient aussi accepter que les autres firmes bénéficient plus de ses propres efforts de R&D. Cassiman, Pérez-Castrillo et Veugelers (2002) proposent un modèle où les spillovers entrant et les spillovers sortant peuvent être dissociés. Dans ce modèle une firme leader livre une concurrence en prix à une frange concurrentielle. Pour accroître ses profits, la firme leader peut faire des efforts de R&D pour améliorer la qualité de son produit et se différencier de ses concurrentes. Cependant, une partie des améliorations qu'elle met au point peut être imitée par les firmes concurrentes qui améliore aussi leurs produits et réduisent ainsi la différenciation entre les différents biens proposés.

La firme leader ne développe pas le bien à partir de rien. Il existe préalablement un stock de connaissance K pré-existant. La firme leader choisit un niveau de recherche de base B dont l'objet est de lui permettre de mieux assimiler les connaissances pré-existantes. Parallèlement, elle choisit un niveau de recherche appliquée A , qui lui permet de développer ses propres améliorations. Le résultat de ses deux efforts de recherche est le

niveau technologique effectif de la firme donné par :

$$X_L = A^a [1 + \beta(B) K]^b$$

Les auteurs posent $\beta(B) = \beta B$. Le niveau de qualité s_L du bien produit par la firme leader est égal à X_L . Si un consommateur achète une unité de ce bien, il obtient une utilité : $U = \theta s - p$.

Les firmes appartenant à la frange concurrentielle n'ont pas la possibilité d'assimiler seule les connaissances théoriques K pré-existantes. Cependant, elles sont capables d'imiter, dans une certaine mesure, le produit développé par la firme leader. Formellement, les auteurs supposent que le niveau technologique des firmes suiveuses est une proportion de celui de la firme leader :

$$X_F = \alpha X_L$$

Les auteurs supposent que la firme leader peut faire des efforts de protection P pour diminuer cette proportion α . Elle peut embaucher des avocats pour mieux faire respecter ses droits de propriété intellectuelle ; elle peut compliquer volontairement le procédé de fabrication de son produit afin de rendre son imitation plus complexe ; elle peut mieux rémunérer ses ingénieurs et techniciens pour les dissuader de "passer à la concurrence". Formellement :

$$\alpha(P) = 1 - [(R + 1) P^p]$$

où R est le niveau de protection des droits de propriété intellectuelle de la législation existante (mais la firme doit faire des démarches pour faire respecter ses droits).

Les auteurs montrent que les niveaux d'efforts A , B et P de la firme leader sont des fonctions croissantes du stock de connaissance initiale K , de la taille du marché et du niveau des droits de propriété intellectuelle R .

5.4 Choix de localisation et *spillovers*

Dans cette section, on présente quelques modèles dans lesquels les firmes choisissent leur localisation et dans lesquels ce choix de localisation a un impact sur leurs coûts de production et leur stratégie de R&D.

5.4.1 Spillovers internes et externes

Gersbach et Schmutzler (1999) étudient les interactions entre *spillovers internes* et *externes*. Dans ce modèle, une firme peut profiter du programme de R&D de sa concurrente si elle choisit la même localisation que cette dernière (*spillovers externes*). Les résultats des programmes de R&D peuvent aussi être transférés du site qui les a générés vers d'autres sites de production de la même firme (*spillovers internes*). Les interactions de ces deux types de *spillovers* donnent naissance à des structures de localisations différentes selon les valeurs respectives des paramètres.

Le modèle de Gersbach et Schmutzler (1999) comprend deux firmes, trois localisations et deux étapes. Lors de la première étape, les deux firmes choisissent simultanément les localisations où elles souhaitent construire des unités de production (chacune occasionnant un coût fixe F) et si elles souhaitent entreprendre un programme de R&D, ayant un coût I , visant à réduire les coûts de production et, si oui, la localisation de ce programme. Lors de la seconde étape, les firmes se livrent une concurrence en prix. Les marchés des trois localisations sont segmentés. Si un marché n'a attiré qu'une seule firme, cette dernière se comporte comme un monopole. Si une localisation contient deux usines, les firmes se livrent une concurrence en prix à la Bertrand avec des biens homogènes. L'article se focalise essentiellement sur les effets des différents types de spillovers sur les choix des firmes. Si une firme entreprend un programme de réduction de coût à une localisation et qu'elle est la seule à le faire, son coût de production unitaire à cette localisation diminue de $\Delta > 0$. Si les deux firmes entreprennent des programmes de R&D à la même localisation, leurs deux programmes dégagent des complémentarités et les coûts unitaires des deux firmes sont réduits de $(1 + \epsilon) \Delta$, où $\epsilon \geq 0$. Une coopération des deux firmes permet donc d'augmenter les réductions de coût. Il existe, en outre, des spillovers entre les deux firmes (*spillovers externes*) et entre les différents sites de production d'une même firme (*spillovers internes*). Les connaissances acquises dans un site de production peuvent être transférées, mais imparfaitement, dans les autres sites de production d'une même firme. Formellement, si une firme a réduit son coût d'un montant Δ dans l'un de ses sites en entreprenant un programme de R&D, le coût unitaire dans les autres sites de production est réduit de $\gamma \Delta$, avec $0 \leq \gamma \leq 1$. γ mesure donc l'importance des *spillovers internes*. Il existe aussi des *spillovers externes*. Si une firme possède un site de production dans une localisation où sa concurrente entreprend un programme de réduction de coût, elle peut s'appropriier une proportion β des connaissances développées par sa concurrente. Son coût de production unitaire diminue donc de $\beta \Delta$ dans ce site et de $\beta \gamma \Delta$ dans ses autres sites de production.

La concurrence à la Bertrand incite les firmes à choisir des localisations différentes. En effet, si deux firmes choisissent la même localisation, au moins l'une d'elles va faire un profit négatif sur ce marché (ses ventes seront nulles et elle ne pourra pas récupérer son coût fixe). L'existence de spillovers peut, cependant, inciter les firmes à choisir une même localisation pour profiter des complémentarités de leurs efforts de R&D ou pour profiter des efforts de R&D de leur concurrente.

Les auteurs montrent que ce modèle admet, selon les valeurs des paramètres, quatre types d'équilibres. Dans les deux premiers types d'équilibre, les firmes choisissent des localisations distinctes. Dans le premier, l'une des firmes construit un site de production sur chaque marché et innove sur l'un d'entre eux tandis que l'autre firme ne rentre sur aucun marché. Dans le second, l'une des firmes construit un site de production et innove tandis que l'autre firme entre sur les deux autres marchés et innove sur l'un d'entre eux. Les types d'équilibres intéressants sont les deux autres, dans lesquels les firmes choisissent une localisation commune et exploitent chacune un marché en monopole. Dans le premier, les deux firmes innoveront sur le marché où elles sont toutes les deux implantées, elles obtiennent alors la réduction de coût maximale $(1 + \epsilon) \Delta$. Sur ce marché, les firmes se livrent une concurrence en prix avec des biens homogènes et elles fixent des prix égaux

à leur coût marginal. Sur ce marché, elles subissent donc des pertes égales à leurs coûts fixes. Cependant, les économies de coûts peuvent être transférées sur le marché où elles sont en position de monopole. La réduction de coût sur ce marché est égale à $\gamma(1 + \epsilon)\Delta$. Si ϵ et γ sont élevés, cette configuration peut être un équilibre. Les deux firmes peuvent donc avoir intérêt à construire un centre de recherche commun. Dans le second équilibre où les firmes partagent une localisation, chacune des firmes entre sur deux marchés, mais une seule innove. La firme qui n'innove pas réalise des ventes nulles sur le marché où elle est en contact avec sa concurrente mais sa présence sur ce marché lui permet de s'appropriier une partie des connaissances de l'autre firme et de réduire ses coûts de $\beta\gamma\Delta$ sur le marché où elle est situation de monopole sans avoir à payer le coût I . Cette configuration peut être un équilibre si β , γ et I sont élevés et ϵ et F sont faibles. Une firme peut donc avoir intérêt à s'implanter auprès de sa concurrente uniquement dans le but d'observer sa technologie de production et de l'utiliser sur un autre marché. Cette configuration n'est cependant un équilibre que pour un ensemble très restreint des valeurs des paramètres du modèle. Cependant, cet ensemble augmente, si on introduit des asymétries dans le modèle : une des localisations a un marché plus important que les autres ou l'une des firmes a un coût d'innovation plus faible que l'autre.

Ces deux équilibres nécessitent l'existence de *spillovers internes* et de *spillovers externes*. Au moins l'une des firmes réalise un profit négatif dans la localisation commune, elle ne se maintient donc sur ce marché commun que dans le but d'acquérir des connaissances et de les transférer sur un autre marché. L'incitation des firmes à s'agglomérer n'évolue pas de façon monotone avec l'importance des *spillovers externes* (β). Si β est faible, la firme qui imite l'autre obtient un gain très faible et n'acceptera pas de payer un coût fixe F pour obtenir une réduction très faible de ses coûts. Si au contraire, β est élevé, la firme qui innove obtient un profit très faible sur le marché commun et aura intérêt à abandonner ce marché et à investir sur le marché où elle est en position de monopole. En revanche, l'incitation des firmes à construire un centre de recherche commun augmente lorsque ϵ augmente. Des *spillovers internes* (γ) plus élevés augmentent l'incitation des firmes à choisir une localisation commune. Augmenter le nombre de localisations renforce l'incitation des firmes à s'agglomérer sur une des localisations, l'apprentissage réalisé à cette localisation peut être utilisé sur un plus grand nombre de marchés.

5.4.2 Distance et incitation à partager les connaissances

Les études empiriques montrent, généralement, que les *spillovers* s'amenuisent avec la distance. Cet affaiblissement de la diffusion des connaissances avec la distance est souvent expliqué par la diminution des contacts directs entre les personnes et les imperfections des technologies de communication. Baranes et Tropeano (2003) proposent une explication alternative basée sur les incitations des firmes à partager volontairement leurs connaissances. Ils construisent un modèle où les incitations des firmes à partager leurs connaissances technologiques sont plus fortes lorsque les firmes sont géographiquement proches que lorsqu'elles sont éloignées.

Le modèle comprend deux régions, deux firmes et quatre étapes. Lors de la première étape, les firmes

choisissent simultanément dans quelle région elles se localisent (chaque firme ne se localise que dans une seule région). A l'étape 2, les firmes décident de partager ou non leurs connaissances technologiques. A l'étape 3, chaque firme décide simultanément de faire ou non des dépenses de R&D. Ces dépenses ne sont pas vérifiables. Les firmes ne peuvent donc pas s'engager par contrat à l'étape 2 à faire de la R&D à l'étape 3. Il existe, donc, potentiellement un problème de *free-riding* dans ce modèle. Ce problème de *free-riding* constitue l'explication centrale des résultats du modèle. A l'étape 4, les firmes se livrent une concurrence en prix à la Bertrand. Les deux marchés sont segmentés et le coût de transport unitaire pour transporter une unité de bien d'une région à l'autre est égal à t . Les efforts de R&D des firmes déterminent la qualité de leur produit. Comme tous les consommateurs sont identiques, la firme qui offre le meilleur rapport qualité prix emporte la totalité du marché d'une région. La marge d'une firme est égale à la différence entre les qualités des deux produits à laquelle s'ajoute (ou se retranche) le coût de transport t si les firmes sont localisées dans des régions différentes.

Si les firmes ne partagent pas leurs connaissances technologiques, chacune est obligée de lancer un programme de R&D pour pouvoir produire. Avec probabilité p ce programme est un succès et la qualité obtenue est égale à \underline{q} ; avec la probabilité complémentaire, le programme débouche sur une qualité inférieure : q^b . Si les firmes partagent leurs connaissances et lancent toutes les deux un programme de R&D, chacune produit une qualité $\bar{q} > \underline{q}$ avec probabilité p et une qualité q^b avec probabilité $1 - p$. Les réussites des deux firmes à développer une qualité plus élevée sont indépendamment distribuées. Après que les firmes ont décidé de partager leurs connaissances technologiques, l'une des firmes peut aussi décider de ne pas investir en R&D et de se comporter en passager clandestin du programme de l'autre firme. Dans ce cas, les firmes produisent une qualité \underline{q} avec probabilité p et une qualité q^b avec probabilité $1 - p$. Les firmes produisent dans ce cas la même qualité. Leur profit est alors égal à 0 si elles sont localisées dans la même région et à t si elles sont localisées dans des régions différentes. Une firme n'a aucun intérêt à accepter de partager ses connaissances technologiques si elle pense que l'autre va se comporter en passager clandestin. Le partage des connaissances technologiques n'est donc possible que si les deux firmes sont incitées à faire des efforts de R&D.

Les auteurs montrent que si les deux firmes sont localisées dans la même région, elles n'ont jamais intérêt à se comporter en passager clandestin. Elles ont donc toujours intérêt à partager leurs connaissances. En revanche, si les firmes sont localisées dans des régions différentes, l'une des firmes a intérêt à se comporter en passager clandestin si t dépasse un certain seuil. Les firmes choisissent donc de partager leurs connaissances si la valeur de t est faible, mais ne les partagent pas si t est élevé. L'agglomération des firmes dans la même région rend donc possible le partage des connaissances dans les cas où leur dispersion l'empêche.

Si \bar{q} est faible et t est élevé, les firmes choisissent des localisations différentes et ne partagent pas leurs connaissances. Les firmes préfèrent choisir des localisations différentes qui réduisent la concurrence plutôt que des localisations semblables qui permettraient des spillovers faibles. Si \bar{q} est élevé et t est intermédiaire, les firmes choisissent la même localisation et partagent leurs connaissances. Des localisations semblables renforcent la concurrence entre les firmes mais elles servent d'engagement à ne pas se comporter en passager

clandestin et permettent aux firmes de partager leurs connaissances et de profiter de spillovers importants. Si t est suffisamment faible, les firmes choisissent des localisations différentes et partagent leurs connaissances. Si t est faible, les firmes n'ont pas intérêt à se comporter en passager clandestin. Les firmes choisissent alors de partager leurs connaissances quelles que soient leurs localisations. Elles choisissent alors des régions différentes pour réduire la concurrence en prix.

Lorsque \bar{q} dépasse un certain seuil, le degré d'agglomération des firmes est une fonction non-monotone de la valeur du coût de transport. En partant d'un niveau de t élevé, une diminution de t incite les firmes à se rapprocher. Une diminution supplémentaire de t les incite, au contraire, à choisir à nouveau des localisations différentes. L'importance des spillovers est une fonction décroissante de la valeur de t . Une diminution de t incite les firmes à partager leurs connaissances et renforce l'innovation. Une diminution de t peut, dans un premier temps, renforcer l'innovation mais accroître les inégalités entre les deux régions (les deux firmes choisissent la même localisation), mais une diminution supplémentaire de t , dans un second temps, réduit l'inégalité entre les régions (les firmes choisissant des localisations différentes).

5.4.3 Spillovers dans un modèle à la Hotelling

Piga et Poyago-Theotoky (2005) étudient un jeu de duopole comprenant trois étapes. Lors de la première, les firmes choisissent simultanément leur localisation sur un segment $[0, 1]$ à la Hotelling. Lors de l'étape 2, les firmes choisissent un niveau de R&D. Ces dépenses de R&D permettent d'augmenter la qualité du produit vendu par la firme. Les programmes de R&D des firmes dégagent des spillovers. L'importance de ces spillovers est une fonction décroissante de la distance entre les firmes. L'augmentation de qualité du produit de la firme i est égale à :

$$X_i = x_i + (1 - y_2 + y_1) x_j$$

où x_i et x_j sont les dépenses de R&D des firmes i et j et y_1 et y_2 sont les localisations choisies par les firmes 1 et 2. Enfin, lors de la troisième étape, les firmes se livrent une concurrence en prix.

Dans ce modèle, la concurrence en prix de l'étape 3 incite les firmes à choisir des localisations les plus éloignées possibles pour atténuer le degré de concurrence (les coûts de transports des consommateurs sont quadratiques) ; mais, parallèlement, l'existence des spillovers incite les firmes à se rapprocher pour profiter des efforts de R&D de leur concurrente. Si le coût de transport des consommateurs est élevé, le premier effet domine et les firmes choisissent de se localiser aux deux extrémités du segment. Si le coût de transport est plus faible, les deux effets sont d'ampleur comparables et les firmes choisissent des localisations intérieures. Les firmes ne choisissent, cependant, jamais la même localisation car la concurrence en prix supprimerait la possibilité de réaliser un profit positif. Les firmes choisissent donc de se différencier horizontalement ; en revanche, elles choisissent les mêmes dépenses de R&D donc la même qualité pour leur produit²⁸. Lorsque les coûts de transport des consommateurs augmentent, les firmes choisissent des localisations plus éloignées, elles

²⁸On doit, cependant, noter que les auteurs restreignent leur analyse aux choix de localisations symétriques lors de l'étape 1.

augmentent aussi leurs dépenses de R&D et leur prix. Les spillovers diminuent mais les profits augmentent.

6 Contrats de licence

Dans les sections précédentes, on supposait que la firme qui innovait exploitait son innovation sans la partager avec les autres firmes. On va maintenant autoriser les firmes qui possèdent des brevets à vendre des licences à certaines de leurs concurrentes. Les firmes peuvent donc céder à d'autres firmes le droit de produire les biens qu'elles ont mis au point ou le droit d'utiliser un procédé de fabrication qu'elles ont développé.

6.1 Incitations à concéder une licence et à innover

6.1.1 Incitation à concéder une licence dans un duopole

Katz et Shapiro (1985) étudient un modèle en trois étapes. Lors de la première étape, un laboratoire vend un brevet, portant sur un procédé de fabrication permettant de réduire les coûts de production, aux enchères. Deux firmes sont susceptibles d'acquérir ce brevet. Lors de la deuxième étape, la firme qui a gagné l'enchère peut concéder une licence à sa concurrente. Lors de la troisième étape, les firmes se livrent une concurrence en prix ou en quantités. Elles produisent un bien homogène.

La troisième étape étant standard, elle n'est pas détaillée par les auteurs, qui résument les résultats par des fonctions de profits réduites. Les auteurs commencent donc leur étude par la deuxième étape. Les auteurs restreignent l'ensemble des contrats de licence pouvant être passés entre les firmes aux contrats où la firme qui acquiert la technologie verse une somme fixe et utilise ensuite librement la technologie²⁹. Si on suppose que les firmes se livrent une concurrence à la Cournot, un accord de licence équivaut à une diminution du coût marginal de l'une des firmes, il a donc les trois effets suivants. (1) La production totale va augmenter, ce qui provoque une diminution du prix d'équilibre et une réduction des profits joints. (2) La répartition de la production entre les deux firmes change : une firme augmente sa production et l'autre diminue la sienne. Cet effet peut augmenter ou diminuer les profits joints³⁰. (3) Le coût de production de l'une des firmes baisse, ce qui augmente les profits joints. Si l'addition des trois effets conduit à une diminution des profits joints, alors les firmes n'ont pas intérêt à passer un accord de licence. Si au contraire, les profits joints augmentent, les firmes passent un accord de licence. Le partage des gains entre les deux firmes dépend du montant payé pour obtenir la licence et est déterminé par les pouvoirs de marchandage respectifs des firmes. Pour une fonction de demande linéaire, il est toujours profitable de concéder une licence lorsque l'innovation est faible. En revanche, les firmes ne concèdent jamais de licence sur des innovations drastiques.

Les auteurs montrent ensuite que lorsque les firmes passent un accord de licence, il est toujours socialement

²⁹Les contrats prévoyant un paiement proportionnel à la quantité produite sont donc exclus. Les auteurs justifient cette exclusion en avançant qu'il est souvent difficile de contrôler le niveau de production d'une firme concurrente. La firme qui concède la licence ne peut pas non plus s'engager à ne plus produire le bien elle-même.

³⁰Les deux firmes peuvent avoir des coûts unitaires initiaux différents et l'innovation peut conduire à une diminution du coût unitaire différente pour les deux firmes.

optimal de le faire. En revanche, il existe des cas où il serait socialement optimal de passer un accord de licence mais où les firmes ne le font pas. En effet, un accord de licence provoque une baisse du prix d'équilibre. Il a donc un effet positif sur le surplus des consommateurs, qui n'est pas pris en compte par les firmes.

S'il était possible de passer des accords de licence fixant une redevance par unité produite. Les firmes auraient toujours intérêt à passer un accord de licence. En effet, les firmes pourraient fixer une redevance unitaire égale à la diminution du coût unitaire. Dans ce cas, les deux premiers effets de l'accord sont supprimés et il ne reste que le troisième effet qui est positif. Le profit joint peut donc toujours être augmenté avec ce type de contrat. Ce type de contrat peut même servir à augmenter encore le profit joint. Par exemple, les firmes peuvent obtenir le profit de monopole de la firme 1, en fixant une redevance unitaire suffisamment élevée pour que la firme 2 n'ait plus intérêt à produire. Les profits joints sont maintenant égaux au profit de monopole de la firme 1. La firme 2 est dédommée en fixant un prix de la licence négatif.

Les auteurs s'intéressent ensuite à l'enchère de la première période et recherchent si le revenu du laboratoire vendant l'innovation augmente lorsqu'un accord de licence est autorisé à l'étape 2. Si c'est le cas, alors les incitations du laboratoire à développer l'innovation augmentent (le processus de R&D n'est cependant pas modélisé). La réponse à cette question est a priori ambigu. Avoir la possibilité de concéder un accord de licence augmente les revenus de la firme si elle acquiert le brevet. Ce premier effet incite les firmes à proposer plus pour obtenir le brevet. Cependant, si la firme n'obtient pas le brevet, elle a encore la possibilité d'obtenir une licence lors de la deuxième étape. Cette "seconde chance" diminue la somme maximale que la firme est prête à payer. Les sommes proposées par les firmes peuvent donc augmenter ou diminuer.

Le processus d'enchères est classique : les firmes proposent simultanément une somme et celle qui propose le plus gagne l'enchère. Les auteurs supposent toutefois que le laboratoire qui vend le brevet peut fixer un montant minimum au-dessous duquel il refuse de vendre le brevet. Lors de l'étude de la deuxième étape, il n'était pas nécessaire d'explicitement la règle de partager des gains d'un accord de licence entre les deux firmes. Pour déterminer la solution de la première étape, cela devient nécessaire. Les auteurs supposent que la firme qui concède l'accord obtient une proportion σ du gain.

Si, lors de l'étape 2, aucune des deux firmes n'a intérêt à concéder un accord de licence. La possibilité de ces accords ne modifie pas l'équilibre de l'étape 1. Si l'une des firmes a intérêt à concéder un accord de licence mais pas l'autre, alors le revenu du laboratoire à l'étape 1 va rester identique ou augmenter. Il peut augmenter car la firme qui a intérêt à céder une licence est prête à payer une somme plus importante. A l'équilibre, c'est l'autre firme qui va gagner l'enchère mais elle doit proposer une somme plus importante pour gagner. Si les deux firmes ont intérêt à céder une licence lors de l'étape 2, alors le revenu obtenu par le laboratoire dépend de σ . Si σ est élevé ce revenu augmente. Si σ est faible, le sens de la variation du revenu est ambigu. Si σ est très faible, le revenu diminue.

6.1.2 Stratégie de concessions dans un oligopole

Katz et Shapiro (1986) étudient les choix de vente de licences d'un laboratoire ayant mis au point une innovation pouvant être utilisée dans une industrie où n firmes identiques sont en concurrence. Ils étudient deux structures de propriété pour le laboratoire. Dans la première, le laboratoire est totalement indépendant des n firmes de l'industrie aval. Dans la seconde, le laboratoire est détenu à parts égales par m des n firmes de l'industrie aval.

Les contrats de licence sont concédés contre des paiements fixes et ne stipulent pas de royalties. Les auteurs excluent les royalties en supposant que le laboratoire ne peut pas observer le niveau de production des firmes. Le laboratoire doit choisir entre deux modes de vente : choisir un prix ou choisir une quantité. Si le laboratoire choisit le premier mode, il fixe un prix d'achat pour une licence et laisse chaque firme décider si elle achète ou non une licence à ce prix. Si le laboratoire choisit le second mode, il choisit le nombre de licences qu'il met en vente, $k \leq n$, et organise une enchère entre les firmes de l'industrie aval pour déterminer le prix de vente. Le laboratoire a la possibilité de fixer un prix minimal lors de l'enchère. Ce prix minimal n'est utile que si le laboratoire choisit $k = n$. Les auteurs montrent que les revenus du laboratoire sont plus élevés s'il choisit de fixer une quantité que s'il choisit de fixer un prix. En effet, avec une enchère, chaque firme considère, si $k < n$, que, si elle n'achète pas une licence, cette licence sera automatiquement réattribuée à une autre firme. Tandis qu'avec la stratégie en prix, chaque firme considère que si elle n'achète pas la licence, il y a une licence de moins dans l'industrie. Le fait que les firmes prennent en compte que si elles achètent une licence, une licence de moins est attribuée à leurs concurrentes les incitent à payer plus et augmente les revenus du laboratoire. Des enchères sont donc préférables à un prix fixe pour le laboratoire. Si le laboratoire choisit de vendre $k = n$ licences, les deux modes de mises en vente sont équivalents. Lors de l'enchère, les firmes paient le prix de réserve fixé par le laboratoire.

Ces résultats ne sont pas modifiés si on suppose que le laboratoire est détenu par certaines des firmes de l'industrie aval. Notamment, le laboratoire n'a pas nécessairement intérêt à concéder gratuitement l'innovation à ses propriétaires. En effet, les profits des firmes propriétaires peuvent être plus élevés si elles restreignent l'utilisation de l'innovation sur le marché aval en choisissant $k < m$. Si elles choisissent $k < m$, elles ont intérêt à mettre les k licences aux enchères, sans accorder de privilège aux firmes propriétaires du laboratoire.

Après avoir caractérisé le mode de vente, les auteurs s'intéressent au nombre de licences vendues. Si le laboratoire est la propriété de m firmes aval, ces firmes intègrent le fait que lorsque le nombre de licences augmente, les profits de l'industrie aval ont tendance à diminuer. Les firmes propriétaires obligent le laboratoire à prendre cet effet en compte. Le nombre de licences vendues est une fonction (faiblement) décroissante du nombre m de firmes propriétaires du laboratoire. C'est le principal résultat de cette section. Pour aller plus loin, les auteurs supposent que l'innovation est une innovation de procédé qui permet de réduire le coût de production unitaire des firmes et supposent que les firmes produisent des biens homogènes. Dans ce

contexte, il est socialement optimal de choisir $k = n$. Le laboratoire peut alors vendre trop peu de licences (mais jamais trop). Les auteurs montrent, dans ce contexte particulier, que si en vendant au moins k licences, le laboratoire incite les $n - k$ autres firmes à renoncer à produire alors le laboratoire va choisir au plus ce nombre de licences.

Les auteurs s'intéressent ensuite aux incitations à innover du laboratoire et à sa comparaison avec l'effort socialement optimal d'innovation. Les incitations du laboratoire peuvent s'écarter du niveau socialement optimal pour deux raisons. Premièrement, le laboratoire ne prend pas en compte l'impact de l'innovation sur le surplus des consommateurs. Par exemple, si l'innovation est une innovation de procédé qui permet de réduire le coût de production unitaire des firmes, le prix d'équilibre de l'industrie diminue avec l'innovation. Le laboratoire ne prend pas en compte cet effet et a tendance à faire trop peu de R&D. Deuxièmement, le profit des firmes non propriétaires du laboratoire diminue avec l'innovation. Cet effet n'est pas non plus pris en compte par le laboratoire, qui a donc tendance à faire trop de R&D. Il y a donc deux externalités avec des effets opposés qui peuvent introduire des distorsions dans l'effort de R&D. L'un ou l'autre des effets peut l'emporter et la R&D peut être trop élevée ou trop faible. Les auteurs montrent aussi que les incitations à innover diminuent lorsque le nombre de firmes propriétaires du laboratoire augmente. Le laboratoire peut extraire une partie du surplus obtenu avant l'innovation par les firmes aval, ce qui l'incite à faire plus de R&D. Si certaines des firmes aval possèdent des parts dans le laboratoire, cette incitation à la R&D diminue et le laboratoire réduit ses efforts pour innover. Les *joint ventures* ont moins d'incitations à innover que des laboratoires indépendants.

Dans une dernière section, les auteurs introduisent la possibilité pour le laboratoire de faire payer un droit aux firmes pour avoir le droit de prendre part aux enchères pour l'obtention d'une des k licences émises. Le laboratoire peut utiliser ce droit pour extraire encore plus de surplus des firmes. Le laboratoire menace les firmes que si l'une d'elles ne paie pas le droit pour participer à l'enchère, il augmentera le nombre de licences vendues à $n - 1$. En menaçant d'augmenter le nombre de licences, le laboratoire menace les firmes de réduire leurs profits si elles refusent de payer pour participer à l'enchère. Les auteurs remarquent, cependant, que ce type de mécanisme risque d'attirer la suspicion des autorités de la concurrence et de ne pas être autorisé.

6.1.3 Timing des innovations

Katz et Shapiro (1987) approfondissent les effets de l'imitation et des contrats de licence sur les incitations des firmes à mener des programmes de R&D. Ils étudient un modèle en temps continu dans lequel deux firmes sont en concurrence. Initialement, les firmes ont des niveaux de connaissance technologique différents. A n'importe quel moment, une firme peut décider de développer une nouvelle technologie en payant un prix $K(T)$. Ce prix est une fonction décroissante de la date T . Cette hypothèse se justifie en supposant qu'il existe des recherches pures menées par les universités ou des centres de recherches appartenant à l'État, indépendantes des recherches de développement des firmes. Le stock de connaissances librement disponibles est donc croissant dans le temps. Ces connaissances peuvent être utilisées par les firmes pour développer des

technologies brevetables. Plus les firmes attendent que le stock de connaissances soit important et moins elles ont à faire d'efforts pour développer des applications. Cependant, si les firmes attendent, elles peuvent être devancées par leur concurrente. En l'absence de contrat de licence et de possibilité d'imitation, la firme qui a été devancée est condamnée à conserver indéfiniment l'ancienne technologie. En revanche, si un accord de licence est possible, la firme qui n'a pas innové peut négocier le droit d'utiliser la nouvelle technologie avec la firme qui détient le brevet. De même, si des possibilités d'imitation existent, une firme peut décider de laisser sa concurrente développer l'innovation et copier la technologie développée par cette dernière.

Les auteurs définissent deux dates pour chacune des firmes. La première date est celle où la firme choisirait de développer l'innovation si elle était la seule à pouvoir le faire (*stand-alone incentive*), la seconde est la date à laquelle la firme choisit d'investir pour être la première à le faire (on la calcule en supposant que si la firme ne développe pas l'innovation, l'autre firme le fait juste après) (*pre-emption incentive*). Ces dates peuvent être différentes pour les deux firmes. On obtient donc quatre dates. Le classement de ces quatre dates détermine la structure et l'équilibre du jeu. Si les firmes voient leur profit se réduire lorsqu'elles sont devancées par leur concurrente alors la seconde date est antérieure à la première et les firmes se livrent une course à l'innovation. La firme qui a le plus intérêt à pré-empter sa concurrente gagne la course. Généralement, il s'agira de la firme qui était initialement le leader³¹. Mais, il est aussi possible que le profit des firmes augmente lorsque l'autre firme innove. C'est notamment le cas, lorsqu'il est très facile d'imiter la technologie développée par une autre firme. Les firmes préfèrent laisser l'autre firme développer la technologie et supporter les coûts associés, puis copier et ne payer que les coûts, plus faibles, d'imitation. Le jeu a alors une structure de jeu d'attente. Les firmes préfèrent alors "perdre" le plus rapidement possible. C'est la firme qui a le plus à gagner à l'innovation, qui "craque" la première et développe l'innovation. Généralement, c'est la firme la moins avancée technologiquement qui développe l'innovation.

Les auteurs illustrent ce modèle par un exemple. Les deux firmes se livrent, à chaque instant du temps, une concurrence en quantités à la Cournot. Elles ont initialement des coûts unitaires différents. Innover permet à la firme leader de diminuer son coût unitaire de δ . Si c'est l'autre firme qui innove, son coût unitaire diminue de $\delta + \varepsilon$. ε est au minimum égal à $-\delta$ et au maximum égal à la différence initiale entre les coûts unitaires des deux firmes.

Premier cas : pas d'imitation, ni d'accord de licence. Dans ce cas, c'est généralement la firme leader qui innove la première. La firme 2 innove la première uniquement si ε est élevé et δ est faible.

Deuxième cas : imitation possible, mais pas d'accord de licence. Les auteurs supposent que l'imitation est parfaite. La réduction du coût unitaire permise par l'imitation est identique à celle obtenue en développant l'innovation. Le coût d'imiter est inférieur à celui d'innover. La firme qui imite ne paye qu'une proportion $\gamma_i < 1$ du coût de développement de l'innovation. L'imitation est immédiate. La firme qui imite peut le faire une seconde après que l'autre firme a développé l'innovation. L'imitation est donc préférable au

³¹Voir, par exemple, Gilbert et Newbery (1982).

développement et chaque firme préfère imiter. Cependant, une firme peut préférer développer une innovation qu'attendre une longue période que l'autre firme le fasse pour l'imiter. Si ε est élevé, alors l'innovation va niveller la différence de coût entre les firmes. Cela peut se produire, lorsque l'innovation est importante, dans ce cas, le coût de production après l'innovation dépend très peu des technologies utilisées avant l'innovation. La firme leader n'a que très peu d'intérêt à développer une innovation qui sera immédiatement copiée et qui mettra fin à son avance technologique. C'est donc généralement la firme 2 qui va développer l'innovation. En revanche, si ε est faible (notamment lorsque $\varepsilon \leq 0$)³², c'est la firme 1 qui innove. La firme leader développe donc les innovations qui conservent l'écart technologique entre les firmes. Tandis que la firme qui a initialement un retard technologique développe les innovations qui représentent des changements importants de technologies et qui annulent les avantages initiaux.

Troisième cas : pas d'imitation, mais accord de licence possible. La firme qui obtient une licence doit payer un coût M_i pour assimiler la nouvelle technologie et elle doit payer une somme fixe à la firme qui concède la licence. On retrouve des résultats analogues à ceux de Katz et Shapiro (1985). Si δ est élevé, la firme leader développe l'innovation et ne concède pas d'accord de licence. Si δ est faible, un accord de licence est passé après l'innovation. Si ε est faible, c'est la firme leader qui innove. Si ε est élevé, c'est la firme 2 qui innove. Pour les valeurs intermédiaires de ε , l'innovation peut venir de l'une ou l'autre firme.

Les auteurs s'intéressent enfin à l'effet du coût d'imitation et de la possibilité d'accord de licence sur la date d'innovation. Généralement, augmenter le coût de l'imitation, γ_i , avance la date d'innovation. Le coût de l'imitation étant plus élevé, il devient moins intéressant de laisser l'autre firme innover la première. Une firme peut donc ne plus attendre et tenter de devancer sa concurrente ; celle-ci peut alors souhaiter innover plus tôt pour ne pas être devancée. Dans certains cas, lorsque le changement de la valeur du paramètre modifie le classement des quatre dates, il est possible que la date d'innovation soit retardée. Cet effet est possible, si la firme leader décide d'innover plus vite si l'autre firme ne le fait pas. La firme 2 peut alors décider de ne plus innover la première mais d'attendre que l'autre firme le fasse et de l'imiter. Une diminution du coût de transfert technologique, M_i , peut avoir des effets ambigus. Elle permet à la firme qui innove de vendre plus cher sa licence, mais elle diminue aussi le coût total d'acquisition de la technologie pour la firme qui acquiert la licence. Si les gains de cette diminution vont essentiellement à la firme qui vend la licence (σ élevé), la date d'innovation est plus précoce. Dans le cas contraire, l'innovation intervient plus tard.

6.1.4 Réduire la R&D des firmes concurrentes

Dans les deux études précédentes, les accords de licence étaient passés à l'issue des programmes de R&D et les firmes n'avaient plus la possibilité de poursuivre leurs recherches. Gallini (1984) modifie cette hypothèse, en supposant que les firmes peuvent poursuivre leurs recherches indéfiniment. Dans ce contexte, une firme peut concéder un contrat de licence à une autre firme pour la dissuader de poursuivre ses efforts de R&D. Gallini (1984) suppose qu'il existe un très grand nombre de procédés de production d'un bien. Le coût

³²Si $\varepsilon = 0$, on retrouve un cas semblable à celui étudié par Rosen (1991).

unitaire associé à un procédé est inconnu jusqu'à ce qu'il soit testé. Développer un procédé pour découvrir son coût engendre un coût fixe D . A l'issue de cette phase de développement, la firme découvre le coût unitaire associé à ce procédé. Ce dernier peut prendre trois valeurs $C_1 < C_2 < C_3$. Les probabilités associées à ces trois valeurs sont p_1 , p_2 et p_3 . Ces trois niveaux de coût sont très différents et le passage de l'un à l'autre est une innovation drastique. Si les deux firmes ont des coûts différents, la firme qui a le coût le plus faible peut exploiter le marché comme un monopole. Si les deux firmes ont le même coût, elles passent un accord de collusion tacite et elles se partagent le profit de monopole. A l'issue de la phase de développement, une firme peut breveter le procédé. Il ne peut alors pas être utilisé par une autre firme (même en payant le coût de développement D) à moins qu'elle n'obtienne une licence. Si une firme n'est pas satisfaite de son coût, elle peut tester un nouveau procédé en payant à nouveau un coût D . Il n'y a pas de limite sur le nombre de procédés que les firmes peuvent tester. L'auteur suppose qu'initialement, la firme 1 possède un procédé dont le coût unitaire est C_2 et la firme 2 un procédé dont le coût est C_3 . L'incitation à poursuivre les recherches de développement est plus élevée pour la firme 2 que pour la firme 1. En effet, la situation de la firme 1 ne s'améliore que si elle développe un procédé dont le coût est C_1 . La firme 2 améliore sa situation si elle développe un procédé dont le coût est C_1 mais aussi si elle développe un procédé dont le coût est C_2 . L'auteur choisit ensuite des valeurs pour les paramètres du modèle telles que la firme 1 n'a pas intérêt à poursuivre ses efforts de R&D tandis qu'en l'absence d'accord de licence la firme 2 souhaite poursuivre ses efforts de R&D. Dans ce cas, la firme 1 offre à la firme 2 un accord de licence. Cet accord permet à la firme 1 de mettre fin au programme de R&D de la firme 2 et donc de l'empêcher de développer un procédé ayant un coût C_1 , ce qui exclurait la firme 1 du marché. En outre, l'accord de licence permet à la firme 2 d'obtenir un procédé ayant un coût de production unitaire C_2 sans avoir à payer le coût de développement de cette technologie. L'économie réalisée est partagée entre les deux firmes grâce au paiement prévu par l'accord de licence. L'accord de licence permet donc d'éviter une duplication des dépenses de R&D et il assure à la firme leader qu'une autre firme ne va pas développer un procédé plus innovant que le sien.

Les accords de licence peuvent donc être conclus afin de mettre fin aux efforts de R&D de firmes concurrentes. Cet aspect n'apparaissait pas dans les deux études précédentes.

6.2 Design des accords de licence

6.2.1 Paiement fixe vs royalties

Kamien et Tauman (1986) comparent deux modes de concession de contrats de licence dans une industrie où n firmes se livrent une concurrence à la Cournot. L'innovation permet aux firmes qui l'acquièrent de réduire leur coût marginal de production de c à $c - \varepsilon$. Dans le premier mode de concession, l'innovateur concède un contrat de licence à une firme i contre un paiement fixe f_i . Dans le second mode de concession, l'innovateur concède une licence à une firme contre le paiement de *royalties*. Formellement, une firme qui a obtenu un contrat de licence doit verser à l'innovateur un montant r pour chaque unité produite. Le timing des deux

jeux est identique et comprend trois étapes. Lors de la première, l'innovateur (qui est extérieur à l'industrie et ne produit pas) choisit les f_i (dans le premier cas) ou r (dans le second). Lors de la deuxième étape, les n firmes présentes dans l'industrie choisissent simultanément d'acheter un contrat de licence ou non. Lors de la troisième étape, les firmes se livrent une concurrence en quantités à la Cournot. La fonction de demande pour le bien est linéaire : $p = a - Q$.

Les auteurs commencent par analyser l'équilibre lorsque les contrats de licence stipulent des paiements fixes. L'innovateur n'a pas toujours intérêt à concéder des contrats de licence à toutes les firmes. Le nombre de licences maximisant les revenus de l'innovateur est compris entre 1 et $(a - c) / \varepsilon$. $(a - c) / \varepsilon$ est le nombre de licences qui conduit à un prix égal à c lors de la troisième étape du jeu et donc qui exclue du marché les firmes n'ayant pas obtenu de licences. Si n est suffisamment grand, l'innovateur choisit de vendre $(a - c) / \varepsilon$ licences et ajuste les prix des licences en conséquence. Chaque firme ayant obtenu une licence produit $q = \varepsilon$ et le prix d'équilibre est égal à c . Les licences sont vendues à un prix $f = \frac{n(n+2)}{(n+1)^2} \varepsilon$. Le nombre de licences vendues, $(a - c) / \varepsilon$, a tendance à diminuer lorsque l'innovation devient plus importante (ε augmente). Si n est petit, le nombre de licences émises sera inférieur à $(a - c) / \varepsilon$ et les firmes n'ayant pas acheté de licences continuent de produire des quantités positives. Les profits de l'innovateur augmentent avec ε . Les profits de l'innovateur ne sont généralement pas une fonction monotone de n . L'innovateur préfère généralement un n intermédiaire (entre le monopole et la concurrence parfaite). Les profits des firmes sont inférieurs après l'innovation qu'avant ; l'innovateur a réussi à capter une part importante des profits de cette industrie. Le prix d'équilibre baisse après l'innovation et le surplus des consommateurs augmente. Si l'innovation est drastique, l'innovateur ne vend qu'une seule licence et la firme achetant cette licence se comporte comme un monopole à l'étape 3.

Les auteurs analysent ensuite l'équilibre du jeu dans lequel les contrats de licence stipulent uniquement des royalties. Si l'innovation est non drastique, l'innovateur concède un contrat de licence à toutes les firmes et fixe : $r = \varepsilon$. Les revenus obtenus par l'innovateur sont plus faibles qu'avec des paiements fixes. Les profits des firmes ne sont pas modifiés par l'introduction de l'innovation. L'innovateur capte l'intégralité des réductions de coût en fixant $r = \varepsilon$ et ne peut pas capter de surplus supplémentaire. Le prix d'équilibre et le surplus des consommateurs ne sont pas affectés par l'innovation avec des royalties. Les consommateurs (comme l'innovateur) préfèrent donc les contrats avec paiements fixes. Les profits de l'innovateur augmentent avec n . Ils sont maximaux lorsque le marché est parfaitement concurrentiel. Si l'innovation est drastique, l'innovateur continue de concéder des contrats de licence à toutes les firmes. Il fixe $r = (a - c + \varepsilon) / 2$. La production des firmes augmente après l'innovation. Le profit de l'innovateur est inférieur à celui qu'il obtiendrait avec un paiement fixe.

Dans une dernière section, les auteurs s'intéressent au cas où les firmes se livrent une concurrence en prix (toujours avec des biens homogènes) lors de la dernière étape du jeu. Si l'innovateur utilise un paiement fixe, il concède une licence à une seule firme à un prix $f = \varepsilon(a - c)$ si l'innovation est non drastique et à un prix $f = (a + c - \varepsilon) / 2$ si l'innovation est drastique. Si l'innovateur utilise des royalties, il fixe $r = \varepsilon$, si

l'innovation n'est pas drastique, et choisit aléatoirement le nombre de licences vendues. Il obtient le même profit qu'avec un paiement fixe. Les deux modes de concessions sont équivalents. L'équivalence est aussi vérifiée si l'innovation est drastique.

Voir aussi : Wang (1998), Sen (2005)

6.2.2 Combinaison de paiement fixe et de *royalties*

Sen et Tauman (2007) autorisent les contrats de licence à comporter des *royalties* et un paiement fixe. Ils retiennent donc une forme pour les contrats nettement plus générale que la littérature antérieure. Leur principale contribution est de déterminer le *design* des contrats de licence.

Dans ce modèle, une innovation vient d'être développée et brevetée et son propriétaire envisage d'en concéder les droits. L'innovation est une innovation de procédé, qui permet de réduire le coût unitaire de production des firmes qui l'emploient de c à $c - e$. Les auteurs envisagent deux cas. Dans le premier, l'innovation a été développée par un laboratoire qui ne possède pas d'usine de production. Ce laboratoire cherche donc à vendre les droits de son innovation, mais n'a pas l'intention de l'exploiter lui-même. L'industrie à laquelle l'innovation peut être vendue est constituée de n firmes se livrant une concurrence à la Cournot. Dans le second cas, le propriétaire du brevet est une firme appartenant à l'industrie, qui va aussi utiliser l'innovation dans ses propres usines. L'industrie est alors constituée de $n + 1$ firmes, se livrant toujours une concurrence en quantités. Les contrats de licence peuvent combiner paiement fixe et *royalties*³³. La manière la plus efficiente pour le vendeur de combiner ces deux instruments et de choisir le niveau des royalties ainsi que le nombre de licences à vendre et de laisser un processus d'enchères fixer le niveau du paiement fixe. Le vendeur peut spécifier un prix minimum avant de lancer l'enchère (nécessaire uniquement si le nombre de licences mises en vente est égal à n)³⁴. Les jeux se décomposent donc en trois étapes. Lors de la première, le propriétaire de l'innovation choisit le niveau des *royalties* et le nombre de licences mis en vente. A l'étape 2, les n firmes participent à une enchère pour tenter d'acquérir une licence. A l'étape 3, les firmes se livrent une concurrence à la Cournot.

Innovation drastique : Le cas où l'innovation est drastique est assez simple. Dans le premier scénario (innovation extérieure), si $n = 1$, l'innovateur vend son innovation au monopole en place pour un prix égal au nouveau profit de monopole moins le profit de la firme en place sans l'innovation. Si $n \geq 2$, l'innovateur vend l'innovation à une seule firme pour un prix égal au profit de monopole avec l'innovation. Dans le second scénario (innovation par une firme en place), l'innovateur exploite son innovation sans la vendre. Il obtient alors le profit de monopole.

³³Le contrat ne peut cependant pas spécifier des valeurs négatives pour le niveau des royalties ou pour le paiement fixe.

³⁴Si le nombre de licences est égal au nombre de firmes, les firmes choisiraient une enchère nulle puisqu'elles sont toutes sûres d'avoir une licence.

Innovation non-draстique : Si $n \geq 3$, l'innovation est vendue à au moins $n - 1$ firmes. Le prix d'équilibre diminue du fait de l'innovation. Le niveau de royalties r est donc toujours inférieur à e . r est fixé à zéro si e est faible et r est strictement positif si e est suffisamment élevé. Le paiement fixe est toujours strictement positif. Augmenter r permet d'augmenter le prix d'équilibre et les profits de l'industrie. Mais, réduire r permet de réduire les gains des firmes n'achetant pas un accord de licence et donc permet d'augmenter le paiement fixe payé par les firmes pour avoir une licence. La valeur optimale de r résulte d'un arbitrage entre ces effets. Si e est faible, choisir $r > 0$ rend l'achat d'une licence très peu attrayant pour les firmes et le prix des licences sera très faible. L'innovateur choisit $r = 0$ pour augmenter ses revenus. Si e est très élevé, le prix d'équilibre va être faible. L'innovateur a intérêt à choisir $r > 0$ pour limiter la concurrence entre les firmes et soutenir le prix d'équilibre. Comme $r < e$, les firmes sont toujours prêtes à payer un paiement fixe strictement positif pour obtenir une licence.

Si $n = 2$, innovateur extérieur concède une licence aux deux firmes si e est faible. Dans ce cas, r est strictement positif si e dépasse un certain seuil et nul en dessous de ce seuil. Si e est élevé, l'innovateur ne concède une licence qu'à une seule firme et choisit $r = 0$.

Si $n = 1$, un innovateur extérieur choisit $r = 0$ et un paiement fixe égal à la différence des profits de l'entreprise en place avec et sans l'innovation.

Si $n \leq 2$, une firme en place ayant innové choisit $r = e$ et concède des accords de licence à toutes les autres firmes pour un paiement fixe nul.

Incitations à innover : Dans la première partie de l'article, l'innovation a déjà eu lieu et les auteurs cherchent uniquement la meilleure façon de la commercialiser. Dans une section complémentaire, les auteurs étudient les incitations à innover des firmes. Ils commencent par comparer les incitations à innover d'un laboratoire extérieur et d'une firme appartenant déjà à l'industrie. Ils s'intéressent ensuite à la structure de marché initiale qui maximise les incitations à innover.

Si $n = 1$, l'innovateur obtient un gain égal à la différence entre les profits du monopole avec et sans l'innovation dans les deux scénarii. Les incitations à innover sont donc les mêmes dans les deux cas. Si $n \geq 2$, les auteurs montrent qu'un laboratoire extérieur a toujours plus d'incitations à innover qu'une firme en place. Cela vient du fait que le laboratoire a un coût d'opportunité plus faible. Il obtient un gain nul, s'il n'innove pas tandis que la firme en place réalise un profit positif même si elle n'innove pas.

Les auteurs étudient ensuite l'influence de n sur les incitations à innover. Si l'innovation est drastique, un innovateur extérieur obtient le profit de monopole si $n \geq 2$ et un profit plus faible si $n = 1$. Les incitations à innover dans ce cas sont maximales si $n > 1$. Si l'innovateur potentiel est une firme en place, le gain d'une innovation drastique est le profit de monopole avec l'innovation moins le profit actuel de la firme. Le profit actuel de la firme diminue quand n augmente. Donc, les incitations à innover augmentent avec n . Un marché concurrentiel maximise les incitations à innover. Pour les innovations non-draстiques, les auteurs

montrent que les incitations à innover sont plus fortes en concurrence parfaite ($n \rightarrow \infty$) qu'en situation de monopole ou de duopole ($n \leq 2$). Les incitations à innover sont maximales pour une valeur de $n > 2$. La taille de l'industrie qui maximise les incitations à innover est une fonction en U de e . Les incitations à innover sont maximales avec un marché initialement concurrentiel pour e proche de 0 ou de c et maximales pour un marché oligopolistique (contenant plus de deux firmes) pour les e intermédiaires.

Vente du brevet et incitations à innover : Tauman et Weng (2012) introduisent la possibilité pour l'innovateur de vendre son brevet à l'une des firmes en place plutôt que de concéder des licences. Les auteurs généralisent un résultat obtenu par Sen et Tauman (2007). L'innovation peut être développée soit par un laboratoire extérieur à une industrie soit par l'une des firmes de l'industrie. L'innovation est une innovation de procédé permettant de réduire le coût unitaire de production des firmes. Les auteurs montrent que si l'innovation peut faire l'objet de licence alors les incitations à la développer sont plus fortes pour le laboratoire extérieur que pour l'une des firmes de l'industrie. Le laboratoire développe l'innovation et la vend à l'une des firmes, via un processus d'enchères, l'acheteur peut ensuite accorder des licences à ses concurrents. La somme retirée de la vente des licences est la même que l'innovation ait été développée par le laboratoire extérieur ou par la firme. En revanche, la somme que la firme est prête à payer au laboratoire pour acheter une innovation déjà développée est supérieure à celle que la firme est prête à payer pour développer l'innovation et l'utiliser. En effet, le point de comparaison n'est pas le même dans les deux cas. Si l'innovation a été développée par le laboratoire, la firme considère son profit en considérant que les autres firmes vont accéder à la technologie via des licences. Si la firme développe elle-même l'innovation, le point de comparaison est le profit de la firme dans une industrie où personne n'a accès à la technologie. La firme est prête à payer plus cher pour acquérir une technologie existante que pour la développer. Le laboratoire extérieur peut donc globalement obtenir un revenu plus élevé de l'innovation que le profit incrémental d'une firme en place. Le laboratoire a donc plus d'incitations à développer l'innovation.

Dans une dernière section, les auteurs comparent la stratégie de vente du brevet à une firme qui vend ensuite des licences à la vente directe de licence par le laboratoire. Ils se placent dans un oligopole à la Cournot. Il existe des situations dans lesquelles le laboratoire obtient un revenu plus élevé en vendant le brevet plutôt qu'en concédant directement des licences.

6.2.3 *Royalties vs prise de participation*

Niu (2013) remarque que, dans certains cas, la firme qui concède une licence prend simultanément une participation au capital de la firme à laquelle la licence est concédée. Il compare ce type d'accord de licence avec un accord de licence prévoyant des *royalties* et montre que les deux accords ont des résultats équivalents si les demandes des deux firmes sont symétriques.

Le modèle comprend deux firmes vendant des biens différenciés. Les demandes des deux biens sont

symétriques. La firme 1 a initialement un coût unitaire de production égal à $c_1 = c - x$ tandis que la firme 2 a initialement un coût unitaire de production $c_2 = c$. Le jeu comprend deux étapes. Lors de la première, la firme 1 peut proposer un contrat de licence à prendre ou à laisser à la firme 2. La firme 2 accepte le contrat et son coût devient alors égal à $c - x$ ou le rejette et conserve un coût c . Lors de la seconde étape, les deux firmes se livrent une concurrence en quantités à la Cournot.

L'auteur suppose d'abord que le contrat est un contrat prévoyant des *royalties* par unités produites r et un paiement fixe F . Il suppose aussi que les autorités antitrust interdisent les paiements fixes négatifs. La firme 1 doit donc choisir $F \geq 0$. L'auteur montre qu'imposer $F \geq 0$ est équivalent à imposer $r \leq x$. Ce qui garantit que l'accord de licence ne détériorera pas la situation des consommateurs par rapport à la situation sans accord de licence. La firme 1 a toujours intérêt à proposer un accord de licence.

L'auteur suppose ensuite que l'accord de licence prévoit un paiement fixe F et une part θ du capital de la firme 2 qui est cédée à la firme 1. La firme 1 est un investisseur passif. Elle n'acquiert pas de pouvoir de décision dans les choix de la firme 2 et obtient uniquement une part θ des bénéfices de la firme 2. Cette prise de participation ne modifie pas le comportement de la firme 2 lors de la seconde étape. En revanche, elle modifie le comportement de la firme 1. La firme 1 prend en compte qu'une augmentation de sa production réduit les profits de la firme 2 et donc les dividendes que cette dernière lui versera. La firme 1 réduit donc sa production et en réaction la firme 2 augmente la sienne. Pour limiter les effets anticoncurrentiels de ce type de prises de participation, l'auteur suppose que les autorités antitrust fixent un maximum $\bar{\theta}$ à θ . Ce maximum est calculé de façon à ce que le surplus des consommateurs ne soit pas réduit par l'accord de licence par rapport à la situation sans accord de licence.

L'auteur compare ensuite les équilibres obtenus avec les deux accords. Avec le premier contrat, on obtient l'équilibre de Cournot avec la firme 1 ayant un coût $c - x$ et la firme 2 ayant un coût $c - x + r$. La firme 1 produit plus que la firme 2. Avec le second contrat, la firme 2 a un coût $c - x$. La firme 1 a aussi un coût $c - x$ mais elle produit moins que dans l'équilibre de Cournot car elle prend en compte sa part des profits de la firme 2. La firme 2 produit plus que la firme 1. L'auteur montre que les contraintes imposées par l'autorité de la concurrence font que l'équilibre obtenu avec le second contrat est identique à celui obtenu avec le premier à l'exception du fait que les quantités produites par les firmes 1 et 2 sont inversées. Les profits obtenus par les firmes dans les deux cas sont identiques et le surplus des consommateurs est le même dans le deux cas car les fonctions de demandes sont symétriques. Le surplus social est donc le même avec les deux contrats.

L'équivalence des deux contrats n'est plus vérifiée si les demandes des deux biens ne sont plus symétriques. L'auteur retient une forme spécifique pour les fonctions de demandes inverses :

$$p_1 = a_1 - b_1q_1 - d_1q_2 \quad \text{et} \quad p_2 = a_2 - b_2q_2 - d_2q_1$$

Le contrat avec *royalties* limite l'augmentation de la production de la firme 2. Il conduit à une production

plus faible du bien 2 et plus élevé du bien 1. Le contrat avec prise de participation incite la firme 2 à augmenter sa production et la firme 1 à réduire la sienne. Il conduit à une production plus élevée du bien 2 et plus faible du bien 1.

Si $a_1 > a_2$ ($b_1 = b_2$ et $d_1 = d_2$), la firme 1 préfère le contrat avec *royalties* à une prise de participation. Si $b_1 < b_2$ ($a_1 = a_2$ et $d_1 = d_2$), la firme 1 préfère le contrat avec *royalties* à une prise de participation. Si $d_1 < d_2$ ($a_1 = a_2$ et $b_1 = b_2$), la firme 1 préfère le contrat avec *royalties* à une prise de participation.

Si $d_1 = d_2$, les fonctions de demande inverse précédentes peuvent être dérivées de la maximisation d'une fonction d'utilité quadratique par un consommateur représentatif. Cela permet de calculer le surplus social obtenu avec chacun des contrats. Si $a_1 > a_2$ ($b_1 = b_2$), le surplus social est plus élevé avec les *royalties* qu'avec une prise de participation. Si $b_1 > b_2$ ($a_1 = a_2$), le surplus social est plus élevé avec les *royalties* qu'avec une prise de participation. Il y a donc une divergence entre le choix de la firme 1 et le contrat socialement optimal lorsque $b_1 \neq b_2$.

6.2.4 *Royalties* par unité ou *ad valorem*

San Martin et Saracho (2010)

6.2.5 Durée des accords de licence

Gordanier et Miao (2011) étudient la durée des contrats de licence. Ils remarquent, qu'en pratique, les contrats de licence ont parfois une durée plus faible que la durée de vie des brevets. Les auteurs avancent que la détermination de la durée des contrats de licence doit prendre en compte deux effets. (1) Les contrats de licence contiennent des aspects irréversibles. Certaines connaissances transférées ne peuvent plus être reprises et peuvent continuer d'être utilisées après la fin du contrat. Cet effet pousse à signer des contrats de long terme. (2) La firme vendant des contrats de licence peut continuer à développer des technologies plus performantes que celles proposées actuellement à la vente. Les incitations à la R&D de la firme innovante dépendent de la durée des contrats de licence.

Le modèle comprend une unité de recherche RU disposant d'une innovation initiale et une industrie comprenant $n \geq 2$ firmes. Les firmes ont initialement une fonction de coût $C(q) = c_0q$. L'innovation permet de réduire le coût marginal des firmes de c_0 à c_1 . Elle est supposée drastique. Le modèle comprend 2 périodes. Au début de la première, RU propose des licences sur c_1 . Les firmes acceptent ou rejettent le contrat de licence proposé. Les firmes se font ensuite concurrence. Au début de la période 2, RU choisit un niveau d'investissement I . Cet effort de R&D lui donne une probabilité $p(I) = 2\sqrt{\rho I}$ de développer une technologie plus efficace permettant de produire avec un coût marginal $c_2 < c_1$. RU observe le résultat de ses recherches et propose à nouveau des contrats de licence aux firmes. Ces dernières les acceptent ou les rejettent puis se font concurrence.

Les contrats de licence peuvent durer une ou deux période(s) et peuvent prévoir un paiement fixe ou des royalties unitaires (mais pas les deux). En période 1, RU peut donc choisir entre quatre types de licence différents. Si une firme achète un contrat de licence en période 1 pour la technologie c_1 ne durant qu'une période et refuse le contrat de licence proposé en période 2, elle peut produire en période 2 avec un coût unitaire $c' \in [c_1, c_0]$. La firme peut donc conserver une partie des connaissances après la fin du contrat de licence (*technology leakage*).

Les auteurs commencent par calculer le I choisi par une RU possédant une usine de production. Ce I maximise les profits de l'industrie et sert de point de comparaison.

Sans "*technology leakage*", donc si $c' = c_0$, la solution intégrée peut être reproduite avec des contrats de court terme prévoyant un paiement fixe. C'est la même solution qu'un contrat de location proposé par un monopole vendant un bien durable.

Le problème devient plus complexe lorsque $c' < c_0$. Pour simplifier le problème, les auteurs supposent que les firmes se livrent une concurrence en prix avec des biens homogènes.

Les auteurs commencent par étudier les contrats avec paiements fixes. Avec des contrats courts, lorsque $c' < c_0$, lors de la seconde période, RU est en concurrence avec la technologie qu'il a vendue lors de la période 1. RU est donc incapable d'extraire tout le surplus en période 2. Cette concurrence incite RU à sur-investir en R&D en choisissant un I plus élevé que la solution intégrée. Des contrats durant deux périodes permettent d'éliminer le premier problème mais aggravant la distorsion sur le choix de I .

Les auteurs étudient, ensuite, des contrats de licence comprenant uniquement des *royalties* sur chaque unité produite. Les contrats courts posent les mêmes problèmes que les contrats courts avec paiements fixes. En revanche, les auteurs montrent que des contrats de long terme avec paiement de royalties permettent d'implémenter la solution intégrée. En période 1, l'innovation est cédée à toutes les firmes contre un paiement par unité produite égal à la différence entre le prix de monopole et c_1 . Ce contrat se prolonge en période 2. Si RU n'a pas innové, les deux périodes sont identiques. Si RU a innové, les firmes possédant uniquement la technologie c_1 ne produisent plus et donc ne paient plus de royalties. Dans ce dernier cas, la firme vend la technologie c_2 à une seule firme contre un paiement fixe égal à son profit.

L'interprétation que les auteurs font des résultats de leur modèle est que (1) les contrats prévoyant des royalties ont une durée plus longue que ceux prévoyant des paiements fixes, (2) les contrats avec royalties ont une probabilité plus forte d'apparaître dans des industries où les innovations sont fréquentes et les technologies difficiles à protéger (au sens où c' est faible).

Les auteurs, dans une section supplémentaire, étudient d'autres modes de concurrence entre les firmes. Ils montrent que les contrats de court terme avec paiement fixe dominent toujours faiblement les contrats de court terme avec royalties. Ils montrent aussi que les contrats de court terme avec paiements fixes sont parfois optimaux. Cette extension renforce leur interprétation que les contrats avec royalties sont d'une

durée supérieure à ceux avec paiements fixes.

6.3 Asymétrie d'information

Beggs (1992), Macho-Stadler et Pérez-Castrillo (1991), Gallini et Wright (1990), Choi (2001), Schmitz (2002).

6.4 Plusieurs brevets

Dans les modèles précédents, on supposait que les connaissances nécessaires pour produire un bien étaient contenues dans un seul brevet. Pour produire certains biens, il peut être nécessaire de produire plusieurs composantes dont la fabrication est protégée par des brevets différents, détenus par des propriétaires différents.

6.4.1 Regroupement de brevets

Lerner et Tirole (2004) étudient les effets concurrentiels d'autoriser les propriétaires de ces différents brevets à se regrouper pour vendre un *package* regroupant l'ensemble des brevets (*patent pool*)³⁵. Le modèle comprend n détenteurs de brevets (chacun détenant un brevet) et un continuum de firmes concurrentielles pouvant potentiellement utiliser les licences vendues. Une firme acquérant des licences pour m brevets obtient un surplus brut égal à $\theta + V(m)$. θ est un paramètre uniformément distribué sur $[\underline{\theta}, \bar{\theta}]$. $V(\cdot)$ est une fonction strictement croissante. Tous les brevets sont "symétriques", au sens où la valeur prise par la fonction $V(\cdot)$ dépend du nombre de licences obtenues mais pas de l'identité des brevets sur lesquels ces licences portent.

Les auteurs commencent par comparer les prix lorsque chacun des détenteurs de brevet choisit non coopérativement le prix de la licence sur son innovation et lorsque tous les propriétaires de brevet se regroupent pour fixer un prix unique pour obtenir une licence couvrant les n brevets. Les résultats dépendent du type d'équilibres obtenu lorsque les détenteurs de brevet fixent le prix de leur licence indépendamment. Les auteurs commencent par se focaliser sur des équilibre symétriques. Ils distinguent deux grands types d'équilibres. Dans le premier, le prix d'une licence découle de l'arbitrage traditionnel entre une marge légèrement plus élevée et une demande légèrement plus faible (*demand margin binds*). Dans cet équilibre, c'est la valeur de θ qui détermine si une firme acquiert ou non la licence. Si le prix d'une licence augmente, la firme marginale renonce à acheter non seulement cette licence mais aussi les autres. Dans le second, le prix d'une licence est contraint par le fait que si le détenteur du brevet augmente légèrement son prix, les firmes achetant une combinaison de brevet excluent ce brevet de la combinaison qu'elles achètent. Dans cet équilibre, le prix est contraint par la spécification de la fonction $V(\cdot)$ (*competition margin binds*). Si le prix d'une licence augmente, toutes les firmes renoncent à cette licence mais continuent³⁶ d'acheter les autres

³⁵Shapiro (2001) a aussi étudié ce problème mais en ne traitant que les deux cas extrêmes où les technologies brevetées sont des compléments parfaits ou des substituts parfaits.

³⁶Celles ayant un θ suffisamment élevé.

licences. Le premier type d'équilibre apparaît plutôt lorsque les brevets sont complémentaires³⁷, c'est-à-dire lorsque la valeur d'une technologie augmente lorsque la firme a aussi accès aux autres technologies. Le second type d'équilibre apparaît plutôt lorsque les brevets sont substituables, c'est-à-dire lorsque l'utilisation de certaines technologies n'est pas vraiment indispensable si une firme a accès à une autre technologie qui peut les remplacer. Dans le premier type d'équilibre, la vente groupée de toutes les technologies augmente toujours le surplus social. Le regroupement des brevets incite les détenteurs de brevets à internaliser le fait que s'ils diminuent légèrement le prix de leur licence alors ils accroissent la demande pour toutes les autres licences et donc les incitent à diminuer le prix de leur licence. L'effet ressemble à une fusion de firmes vendant des biens complémentaires. Le regroupement se traduit par une réduction du prix total payé par les firmes pour obtenir la totalité des brevets et incite donc plus de firmes à acquérir ces technologies. Le surplus social augmente. Dans le second type d'équilibre, le regroupement des brevets dans une offre unique peut augmenter ou réduire le surplus social. Si les technologies sont très substituables alors le regroupement permet de neutraliser la concurrence qui les oppose et le prix global augmente. Moins de firmes acquièrent les technologies et le surplus social diminue. Si les technologies sont moins substituables et plus complémentaires, les effets sont identiques à ceux obtenus dans le premier type d'équilibre. Le prix global diminue et le surplus social augmente.

Les auteurs s'intéressent ensuite à la possibilité qu'il existe des équilibres non symétriques lorsque les détenteurs de brevet fixent les prix de leur licence indépendamment. Ils trouvent que ce type d'équilibre ne peut pas apparaître si $V(\cdot)$ est concave mais peut parfois exister si $V(\cdot)$ n'est pas concave. Les auteurs trouvent aussi que le profit joint des détenteurs de brevet est toujours plus élevé dans l'équilibre symétrique que dans les équilibres asymétriques.

L'une des conditions parfois mises par les autorités de la concurrence pour accepter la constitution d'un regroupement de brevets appartenant à des firmes concurrentes est que des licences indépendantes pour chacune des innovations restent disponibles. Les auteurs étudient donc l'équilibre du jeu lorsque les détenteurs de brevets peuvent proposer un *package* rassemblant tous les brevets et peuvent proposer indépendamment une licence couvrant uniquement le brevet qu'ils possèdent. Les auteurs montrent que si la constitution du regroupement permet d'améliorer le surplus social en l'absence de licences indépendantes alors l'introduction de licences pouvant être vendues indépendamment ne modifie pas la politique de tarification du regroupement. Les firmes achètent le *package* et aucune n'est intéressée par une licence indépendante. Les détenteurs de brevet ne pourraient attirer des firmes vers les licences indépendantes qu'en fixant des prix très faibles, ce qui n'est pas dans leur intérêt. En revanche, les regroupements de brevets qui, en l'absence de licences indépendantes, entraînaient une réduction du surplus social sont déstabilisés par l'introduction de licences indépendantes. Ces regroupements sont caractérisés par des technologies substituables. Si les technologies

³⁷Les auteurs notent que les notions de substituabilité et de complémentarité ne sont pas simples à définir dans le contexte de leur modèle. La définition à partir des dérivées croisées des fonctions de demande n'est notamment pas applicable car avec cette définition il est possible que les technologies apparaissent complémentaires lorsque les prix des licences sont faibles mais qu'elles apparaissent substituables lorsque les prix des licences sont élevés.

sont assez substituables, acheter seulement certaines d'entre-elles est une alternative envisageable à l'achat de la totalité du *package*. La concurrence potentielle des licences indépendantes est donc forte que pour des technologies complémentaires. Les détenteurs de brevets peuvent donc être contraints de réduire le prix auquel le *package* est vendu pour que des détenteurs individuels de brevet ne soient pas incités à attirer des clients vers des licences individuelles. Si les technologies sont très substituables, les firmes clientes arrêtent d'acheter le *package*, qui ne présente pas réellement d'intérêt (et qui n'existe que pour neutraliser la concurrence entre les technologies) et achètent une ou (des) licence(s) individuelle(s). Exiger que des licences individuelles demeurent disponibles paraît donc une bonne politique pour l'autorité antitrust. Cela ne modifie rien si le regroupement améliore le surplus social et cela limite ou annule les effets négatifs des regroupements qui réduisent le surplus social.

Les auteurs étudient ensuite comment les résultats sont affectés s'ils relâchent l'hypothèse que toutes les technologies sont symétriques. Par exemple, il est possible que la technologie 2 permette d'améliorer la production d'un bien obtenu à partir de la technologie 1 mais ne soit d'aucune utilité sans la possibilité d'utiliser la technologie 1. On parle pour le brevet de la technologie 1 de *dominant patent* et pour celui de la technologie 2 de *subservient patent*. Une autre façon de procéder est de supposer que chacune des technologies a un impact différent sur la valeur de la fonction $V(\cdot)$. Le premier exemple est un cas particulier de la deuxième modélisation. Si les technologies ont des valeurs différentes, il est possible que, dans l'équilibre sans regroupement, les détenteurs de brevets mineurs soient contraints par la contrainte de *competition margin* et que les détenteurs de brevets importants soient contraints par la contrainte de *demand margin*. Si au moins un détenteur de brevet fait face à une contrainte de *demand margin*, le regroupement des brevets permet une amélioration du surplus social. Si la fonction $V(\cdot)$ est concave, le jeu sans regroupement admet un seul équilibre et les prix des licences augmente avec la valeur de la technologie. Si le regroupement des brevets permet d'améliorer le surplus social alors l'introduction de licences indépendantes ne modifie pas l'équilibre (si les parts des détenteurs de brevets dans le *package* ont été correctement fixées), les clients n'achètent que le *package*. En revanche, si le regroupement des brevets se traduit par une augmentation du prix global, alors l'introduction de licences indépendantes à côté du *package* contraint le regroupement à réduire son prix. Les résultats qualitatifs obtenus avec des technologies symétriques se généralisent donc au cas asymétrique. Dans le cas où l'un des brevets est un brevet dominant, au sens où il est indispensable pour produire alors l'obligation de proposer des licences indépendantes n'a aucun impact sur l'équilibre si les détenteurs de brevet peuvent librement négocier leurs parts des revenus du regroupement. En outre, le regroupement permet d'augmenter le surplus social.

Les auteurs supposent ensuite que les détenteurs de brevets sont des firmes qui produisent aussi le bien à partir des technologies disponibles. Les firmes sont donc susceptibles à la fois de vendre et d'acheter des technologies. Dans ce contexte, on peut voir apparaître des stratégies de *foreclusion* ou de royalties élevées pour augmenter les coûts d'un concurrent. Les auteurs étudient successivement ces deux phénomènes. Pour étudier le premier phénomène, les auteurs supposent que chaque détenteur de brevet est initialement

en situation de monopole sur un marché. Sur chacun de ces marchés, il existe un entrant potentiel. Ce concurrent potentiel ne peut entrer sur le marché que s'il a accès à la technologie. Le θ de l'entrant potentiel est une information privée. En l'absence de regroupement, les prix des licences sont les mêmes que sans intégration verticale si l'équilibre est du type *competition margin binds*. Les prix sont plus élevés que sans intégration pour l'autre type d'équilibre. Le prix du *package* est toujours plus élevé qu'en l'absence d'intégration verticale. Le regroupement améliore le surplus social si l'équilibre initial est du type *demand margin binds*. Pour l'autre type d'équilibre, le regroupement des brevets peut augmenter ou réduire le surplus social. L'introduction des licences indépendantes en concurrence avec le package a les mêmes effets qualitatifs que sans intégration verticale. Pour étudier le second phénomène, les auteurs supposent que les firmes détentrices de brevets ne les concèdent pas à des firmes extérieures (non détentrices de brevets) en revanche chaque firme détentrice d'un brevet peut autoriser l'accès à sa technologie à une autre firme détentrice d'un brevet. Les licences donnent lieu aux versements de *royalties*. Les n firmes se livrent une concurrence oligopolistique avec des biens différenciés. Le regroupement de toutes les technologies dans un *package* accessible avec un taux de *royalties* unique augmente le profit de toutes les firmes si ce taux de *royalties* appartient à un certain intervalle. La borne inférieure de cet intervalle est strictement supérieure à 0. Les firmes ne souhaitent jamais constituer un regroupement prévoyant la suppression totale des *royalties*. Des *royalties* positives permettent d'augmenter artificiellement les coûts de production des firmes et servent donc à s'engager à fixer des prix plus élevés.

Le dernier point étudié par les auteurs est l'impact de la constitution d'un regroupement sur les incitations des firmes à innover. Les auteurs ne font qu'aborder ce point sans le traiter de façon exhaustive. Les firmes étant libres d'entrer ou non dans le regroupement, l'existence d'un regroupement ne peut qu'augmenter leur profit et donc que renforcer leurs incitations à innover (les auteurs supposent que les innovations sont symétriques). L'impact du regroupement sur le surplus social est cependant ambigu car les modèles d'innovation peuvent conduire à trop peu d'innovations mais aussi à trop d'innovations (selon leur spécification). Renforcer les incitations à innover peut donc réduire le bien-être social. La politique obligeant à introduire des licences indépendantes semble cependant rester une politique souhaitable. Elle augmente les incitations à innover lorsque les technologies sont complémentaires et elle permet de ne pas les augmenter lorsque les technologies sont fortement substituables. Or ce dernier cas est celui où les firmes sont les plus susceptibles de développer trop d'innovations parallèles qui dupliquent inutilement les coûts de développements.

Lerner, Strojwas et Tirole (2007) prolongent l'étude précédente en s'intéressant aux règles adoptées par les propriétaires du groupe de brevets. Ils s'intéressent plus particulièrement à l'introduction ou non dans le contrat de deux clauses. La première porte sur l'autorisation ou l'interdiction de céder des licences sur une technologie en dehors du *package*. La seconde, dénommée, *grantback*, porte sur l'obligation faite aux membres de l'accord d'intégrer dans le regroupement, sans paiement supplémentaire, des technologies additionnelles qui se révéleraient indispensables à la bonne utilisation des technologies couvertes par l'accord. Pour traiter

ces deux sujets, les auteurs modifient légèrement les hypothèses de Lerner et Tirole (2004). Ils introduisent notamment la possibilité qu'un des membres de l'accord reçoive l'opportunité d'utiliser la technologie dont il a initialement le brevet avec une autre technologie qu'il devra développer pour produire un bien n'ayant pas de lien avec les autres technologies couvertes par l'accord. Les auteurs nomment cette possibilité *add-on innovations*. Si l'accord de regroupement des brevets autorise les licences individuelles, la firme peut combiner son premier brevet avec le brevet sur la technologie complémentaire qu'elle va développer et vendre la combinaison des deux indépendamment du regroupement. Cette vente ne cause aucun tort au regroupement puisqu'il s'agit d'une nouvelle utilisation des technologies sans lien avec les technologies détenues par les autres membres de l'accord. Si le regroupement n'autorise pas les licences individuelles, alors la firme qui a une opportunité de mettre au point une nouvelle innovation doit renégocier avec les autres membres de l'accord pour obtenir le droit d'utiliser la technologie qu'elle a initialement apportée au regroupement. Elle doit alors céder une partie des gains pouvant être réalisés avec la nouvelle application aux autres membres du regroupement et a donc moins d'incitations à développer la nouvelle application. Les auteurs retiennent des hypothèses telles que la nouvelle application est développée si la firme peut conserver tout le surplus généré mais pas si la firme doit partager ce surplus. Si, dans l'accord initial, les technologies sont complémentaires, on a vu précédemment que l'autorisation de vendre des licences individuelles ne contraignait pas les profits pouvant être réalisés par le regroupement. Donc, si les technologies sont complémentaires, l'accord autorise toujours les licences individuelles. Cela ne réduit pas les gains du regroupement et permet le développement des technologies dans d'autres utilisations. En revanche, autoriser des licences individuelles réduit les gains du regroupement si les technologies sont des substituts proches. Un accord regroupant des technologies substituables facilement va donc interdire les licences individuelles même si cela bloque le développement d'autres utilisations pour les technologies existantes.

Pour traiter le second sujet, les auteurs font l'hypothèse que les n membres initiaux de l'accord possèdent chacun une technologie et que ces technologies sont symétriques. Il est cependant possible que la réunion de ces n technologies ne soit pas suffisante pour rendre les technologies opérationnelles, mais qu'il faille ajouter une autre technologie. Avec une probabilité x , l'un des membres de l'accord dispose déjà de cette technologie. Mais si c'est le cas, il est le seul à le savoir. Avec une probabilité y , l'un des membres de l'accord ne dispose pas encore de cette technologie mais il recevra dans le futur l'opportunité de la développer pour un coût γ . Si cette firme choisit de ne pas développer cette technologie complémentaire, une firme extérieure aux membres de l'accord le fera. Enfin, avec une probabilité $1-x-y$, les n technologies initiales sont suffisantes. Une clause de *grantback* oblige les membres du groupe s'ils développent la technologie complémentaire à l'intégrer dans le regroupement initial sans pouvoir exiger de paiement pour cette cession. Cette clause permet de résoudre le problème initial de *sélection adverse*. Les membres initiaux de l'accord n'ont pas intérêt à dissimuler des technologies existantes au moment de l'accord de regroupement pour ensuite obtenir une renégociation en leur faveur. Le problème de cette clause est que si l'un des membres de l'accord obtient ensuite l'opportunité de développer cette technologie, il n'a plus suffisamment d'incitations à le faire. Les auteurs posent les

hypothèses nécessaires pour que la firme puisse récupérer des gains supérieurs au coût de développement γ si elle peut renégocier avec le regroupement mais pas si elle doit céder gratuitement sa nouvelle technologie. La clause de *grantback* détruit donc les incitations à approfondir les connaissances d'une firme dans des technologies très complémentaires de celles couvertes par l'accord. Les nouvelles innovations complémentaires seront donc développées par des firmes extérieures à l'accord. Les auteurs posent des hypothèses telles que les membres de l'accord choisissent d'intégrer une clause de *grantback* pour régler le problème initial de sélection adverse lorsque les technologies sont très complémentaires mais n'intègre pas cette clause lorsque les technologies initiales sont des substituts (et n'appellent donc pas de technologie complémentaire pour être utilisables).

Les auteurs s'efforcent ensuite de tester ces résultats empiriquement. Pour cela, ils utilisent différentes sources d'information (dont des archives des autorités antitrust) pour construire un échantillon comprenant 63 accords passés entre 1895 et 2001. Ils trouvent que la probabilité que l'accord autorise des licences individuelles est plus élevée lorsque l'accord couvre des technologies semblant complémentaires. L'effet est statistiquement significatif. Les auteurs trouvent aussi que les accords semblant couvrir des technologies complémentaires ont plus de chance de contenir une clause de *grantback*. La significativité statistique de ce second résultat est cependant plus faible. L'étude empirique semble donc confirmer les résultats du modèle théorique.

6.4.2 Prix des licences et entrée

Si une firme détient un brevet sur une technologie indispensable pour développer des biens dans une autre industrie, les firmes du secteur aval doivent obligatoirement lui acheter une licence pour pouvoir entrer dans l'industrie aval. Cela augmente leur coût d'entrée et réduit le nombre de firmes dans le secteur aval. Cette réduction du nombre de firmes du secteur aval est encore plus forte si les firmes doivent acheter des licences pour des technologies complémentaires auprès de plusieurs firmes amont. Rey et Salant (2012) montrent que cette augmentation des coûts d'entrée et cette réduction du nombre de firmes ne réduisent pas nécessairement le surplus social. En effet, dans beaucoup de modèle, le nombre de firmes dans l'équilibre de libre entrée est supérieur au nombre de firmes socialement optimal. Ajouter un coût supplémentaire d'entrée (qui est un simple transfert entre firmes) peut donc parfois augmenter le surplus social.

Les auteurs étudient un modèle dans lequel ou deux firme(s) détien(nen)t des connaissances indispensables pour développer des biens différenciés dans une industrie aval. L'industrie aval est modélisée par une ville circulaire à la Salop (1979). Pour entrer dans cette industrie, une firme doit disposer d'une licence sur la (ou les) technologie(s) nécessaire(s) et payer un coût fixe f . Les firmes sont automatiquement localisées à équidistance les unes des autres. Les consommateurs ont des coûts de transport linéaires tx et ils obtiennent une utilité brute r , lorsqu'ils consomment une unité du bien.

Monopole : Les auteurs commencent par supposer que la technologie nécessaire pour développer un bien aval est détenue par une firme unique. Si cette firme développe elle-même les biens avals, elle choisit d'en développer $n^M = \sqrt{t/2f}$. Le nombre de biens maximisant le surplus social est égal à $n^W = \sqrt{t/4f}$. Un monopole choisit donc de développer trop de variétés par rapport à ce qui est socialement optimal. Le monopole fixe un prix égal à $p(n) = r - t/2n$, qui égalise à zéro le surplus des consommateurs les plus éloignés des variétés existantes. Introduire de nouvelles variétés permet au monopole d'augmenter le prix de vente de ses biens. Le monopole s'intéresse donc à la disposition à payer des consommateurs marginaux. Un planificateur social prend lui en compte l'impact d'une augmentation de n sur les coûts de transport de tous les consommateurs. Les objectifs d'un monopole et d'un planificateur sont donc différents. Un monopole introduit trop de variétés.

Les auteurs supposent ensuite que la firme possédant le brevet amont ne peut pas développer elle-même les différentes variétés du bien aval. Elle peut cependant vendre des licences à des firmes avals qui développeront chacune une variété du bien à un coût f . Les contrats de licence ne contiennent pas de royalties et spécifient uniquement un paiement fixe (non-discriminatoire) ϕ . Le jeu se décompose en trois étapes. Lors de la première, la firme amont choisit ϕ . Lors de la deuxième, les firmes avals décident d'acheter ou non une licence et de développer une variété du bien aval. Lors de la troisième, les firmes avals se livrent une concurrence en prix.

La solution de la dernière étape du jeu dépend du nombre n de firmes actives. Si $n < t/r$, les firmes choisissent $p = r/2$ et bénéficient d'un monopole local. Si $n > 3t/2r$, les firmes se livrent réellement une concurrence en prix (*Hotelling*). Dans cette zone, une augmentation de n provoque une baisse des prix. Si $t/r < n < 3t/2r$, les firmes fixent le prix qui égalise à zéro le surplus de leur consommateur marginal (*Market segmentation*). Dans cette zone, une augmentation de n provoque une hausse du prix de vente final. Les profits agrégés de l'industrie aval, dans cette zone, sont égaux à $\Pi(n) = r - t/2n - nf$.

La firme amont fixe un prix pour la licence $\phi > 0$. Le prix de la licence augmente les coûts d'entrée des firmes du secteur aval. Il y aura donc moins de firmes dans le secteur aval que si $\phi = 0$. Cependant, comme dans le modèle de Salop (1979) le nombre de firmes actives est supérieur au nombre de firmes socialement optimal, restreindre l'entrée ne diminue pas nécessairement le surplus social. Le monopole choisit la valeur de n qui maximise les profits de l'industrie aval et fixe $\phi = \Pi(n)/n$. Si $r^2/tf < 9$, le monopole amont choisit une valeur trop faible pour ϕ et le nombre de firmes dans le secteur aval est trop élevé par rapport à ce qui est socialement optimal. Si $r^2/tf > 9$, on obtient le résultat inverse. Le monopole amont choisit une valeur de ϕ trop élevée et le nombre de firmes dans le secteur aval est inférieur au nombre socialement optimal. Lorsque r est élevé et t est faible, les firmes avals entrent facilement en concurrence les unes avec les autres, ce qui réduit les profits de l'industrie aval. Le monopole amont souhaite rester dans la zone de *market segmentation*. Il choisit donc d'augmenter ϕ et de réduire n pour éviter que les firmes avals ne se fassent concurrence et baissent leurs prix.

Duopole : Les auteurs supposent ensuite que pour développer des variétés de biens dans l'industrie aval, il faut combiner deux technologies dont les brevets sont détenus par deux firmes différentes. Une firme aval doit donc maintenant acheter deux brevets auprès de deux firmes différentes. Le timing du jeu reste le même à l'exception qu'à l'étape 1, les deux détenteurs de brevet choisissent simultanément les prix, ϕ_1 et ϕ_2 , de leur licence. A l'équilibre, on a $\phi_1 + \phi_2 > \phi$. On trouve un problème similaire à celui de la double marginalisation dans la littérature sur les relations verticales. Chacun des détenteurs de brevet choisit le prix de sa licence en tenant compte de l'impact de ce prix sur ses profits mais pas sur ceux de l'autre détenteur de brevet. Le prix total des licences est donc plus élevé si les deux brevets sont détenus par deux firmes différentes que s'ils sont détenus par la même firme. La séparation des brevets entre plusieurs firmes entraîne donc une augmentation du prix d'accès aux technologies et une augmentation du coût d'entrée pour les firmes du secteur aval. Cette augmentation du prix des licences ne réduit cependant pas nécessairement le surplus social. On a, en effet, vu dans la section précédente que l'entrée dans le secteur aval pouvait être socialement excessive. La réduire peut donc, dans certains cas, augmenter le surplus social. Le nombre de firmes dans le secteur aval, dans le cas du duopole, est égal à : $n^D = \frac{r}{2f} \left(\sqrt{1 + 6\frac{tf}{r^2}} - 1 \right)$. Ce nombre est plus faible que lorsque les deux brevets sont détenus par la même firme. Il y a donc moins de firmes dans le secteur aval. Cependant, comme on est dans la zone *market segmentation*, cela se traduit par des prix (hors coûts de transport) plus faibles. Les profits des firmes diminuent mais le surplus des consommateurs augmente. Le surplus social augmente [diminue] si $r^2/tf < 54/7$ [$r^2/tf > 54/7$].

Licences croisées : Les détenteurs de brevets peuvent éviter ce problème de double marginalisation horizontale, qui réduit leurs profits joints, en s'accordant des licences croisées. Chaque firme est autorisée à vendre des licences couvrant les deux technologies, mais pour chaque licence vendue une firme doit reverser ϕ à la firme détentrice de l'autre brevet. Les firmes choisissent alors un prix pour la licence globale égal à 2ϕ . Cet arrangement permet d'implémenter une solution identique à celle où les deux brevets sont détenus par la même firme.

7 Vendre une innovation

Les innovations potentielles sont parfois découvertes par des entrepreneurs individuels n'ayant pas les ressources financières pour les développer. L'innovateur peut alors souhaiter vendre son innovation à un industriel ayant les capacités financières de la développer. La vente d'une innovation pose cependant le problème suivant. Si l'innovateur ne décrit pas précisément son innovation avant l'achat alors l'industriel n'est pas en mesure d'évaluer la valeur réelle de ce qui lui est proposé. Mais, si l'innovateur décrit précisément son innovation alors l'industriel a déjà obtenu une grande partie des informations qui faisaient la valeur de l'innovation et il n'a plus d'incitation à payer pour des connaissances qu'il possède maintenant.

7.1 Décrire ou non l'innovation avant la vente

Anton et Yao (1994) étudient ce problème et montrent qu'il n'est pas totalement insoluble. Le modèle comprend un innovateur et deux firmes en concurrence. L'innovateur découvre, avec une probabilité q , un procédé permettant de réduire les coûts de production. Avec une probabilité $1 - q$, l'idée de l'innovateur est sans valeur. L'innovateur observe la qualité de son innovation avant de la proposer. Cette qualité est initialement une information privée. L'innovateur dispose d'une richesse initiale L . Les deux firmes sont en concurrence sur le marché du bien. Si une seule firme utilise l'innovation, elle réalise un profit égal à π_M et sa concurrente réalise un profit égal à π_L . Si les deux firmes utilisent l'innovation, elles réalisent chacune un profit égal à π_D . Si aucune firme n'utilise l'innovation, les firmes réalisent chacune un profit égal à π_0 . Les auteurs supposent $\pi_M > \pi_D > \pi_L$, $\pi_D > \pi_0$ et $\pi_M + \pi_L > 2\pi_D$. L'innovation n'est pas brevetable et elle peut être imitée sans coût si l'innovateur la décrit précisément. L'innovateur peut prendre contact avec l'une des firmes pour tenter de lui vendre l'innovation. Une fois la négociation terminée, l'innovateur peut tenter de vendre l'innovation à la seconde firme. L'innovation peut être vendue aux deux firmes. Lors des négociations, l'innovateur a la possibilité de décrire l'innovation avant de commencer la négociation mais il peut aussi choisir de ne décrire l'innovation qu'après qu'un accord a été trouvé. Après la fin des négociations, chacune des firmes a une probabilité α de découvrir indépendamment la même innovation. Un observateur extérieur ne peut pas découvrir si l'innovation a été possible grâce aux informations fournies par l'innovateur si elle a été développée indépendamment par la firme. Un contrat liant l'innovateur à une firme ne peut donc pas être basé sur le transfert des informations, qui n'est pas observable, mais il peut être contingent aux profits réalisés par la firme, qui sont supposés vérifiables.

Les auteurs commencent par étudier le contrat passé entre l'innovateur et une firme si l'innovateur décrit son innovation dès le début de la négociation. Dans ce cas, la firme n'a pas besoin de payer pour utiliser l'innovation. Elle dispose dès le début des informations nécessaires pour sa mise en place et l'innovation n'est pas brevetée. La firme a cependant intérêt à poursuivre la négociation et a proposé un paiement à l'innovateur afin que ce dernier n'ait pas intérêt à vendre l'innovation à la seconde firme. Pour être incitatif, le contrat doit prévoir que le montant reçu par l'innovateur est sensiblement plus élevé si la firme réalise un profit égal à π_M (ce qui ne peut se produire que si la seconde firme n'a pas l'innovation) que si la firme réalise un profit égal à π_D . Les auteurs supposent que les firmes proposent des contrats à prendre ou à laisser à l'innovateur. La firme va donc proposer un contrat où elle verse un paiement important à l'innovateur si π_M se réalise mais où c'est l'innovateur qui verse de l'argent à la firme si π_D se réalise. Si l'innovateur dispose d'une richesse initiale L importante, il obtient en espérance un gain très faible. En revanche, si L est très faible, l'innovateur ne peut pas verser une somme élevée à la firme si π_D se réalise et donc la firme doit lui promettre un versement important si π_M se réalise. Bien que l'innovation ait été décrite avant qu'un accord a été passé et que la firme peut mettre en place l'innovation sans payer, la firme abandonne une rente importante à l'innovateur si L est faible afin de l'inciter à ne pas vendre l'innovation à la seconde firme.

Les auteurs étudient ensuite le contrat passé si l'innovateur choisit de ne pas décrire l'innovation avant qu'un contrat soit signé. Les firmes ne connaissent alors pas la valeur de l'innovation avant la signature du contrat. Le contrat doit donc être séparateur. Il faut qu'un innovateur disposant d'une innovation valable ait intérêt à le signer mais qu'un innovateur disposant d'une innovation sans valeur n'ait pas intérêt à le signer. La firme s'engage à verser un montant important à l'innovateur si π_M se réalise mais l'innovateur doit dédommager la firme si π_L ou π_0 se réalisent. Si L est élevé, l'entrepreneur peut promettre un dédommagement important si π_L ou π_0 se réalisent et le contrat permet à l'innovateur de signaler que son innovation est valable. Cependant si L est faible, le dédommagement que l'innovateur peut proposer en cas d'échec de l'innovation est trop faible et un innovateur disposant d'une innovation sans valeur a intérêt à l'imiter. Dans ce cas, pour rendre le contrat à nouveau séparateur, il faut réduire les paiements de la firme à l'innovateur si π_M se réalise. Lorsque L tend vers 0, ce paiement tend vers 0.

Les auteurs obtiennent donc les résultats suivants. Un accord laissant une rente importante à l'innovateur peut être obtenu en ne décrivant pas l'innovation avant la signature de l'accord si L est élevé, mais pas si L est faible. A l'inverse, un accord laissant une rente importante à l'innovateur peut être obtenu en décrivant l'innovation avant la signature de l'accord si L est faible, mais pas si L est élevé. Les auteurs se focalisant sur le cas où L est faible, ils concluent qu'il est préférable pour l'innovateur de décrire son innovation avant la signature de l'accord même si l'innovation n'est pas brevetée et peut être imitée. La menace de vendre aussi l'innovation à la seconde firme protège l'innovateur du risque d'expropriation par la firme avec laquelle il négocie.

7.2 Certification extérieure

Lerner et Tirole (2006) étudient un problème un peu différent. Une firme a développé une nouvelle idée et elle cherche à la faire adopter comme standard par un grand nombre de consommateurs potentiels. Ces derniers ne souhaitent pas examiner par eux-même l'idée avant de l'adopter. Parce que cet examen leur demanderait trop d'effort par rapport au gain attendu ou parce qu'ils n'ont pas l'expertise nécessaire. La firme doit alors recourir à un organisme de certification qui va garantir la qualité de l'idée proposée. L'originalité du modèle de Lerner et Tirole (2006) est qu'il existe un continuum d'organismes de certification parmi lesquels la firme peut librement choisir. La problématique centrale de l'article est donc de décrire le choix de l'innovateur parmi les différents organismes de certification. L'arbitrage auquel l'innovateur fait face est le suivant. S'il choisit un organisme très exigeant, l'innovateur n'a qu'une faible probabilité que son idée soit certifiée. Mais, s'il choisit un organisme trop complaisant, les consommateurs potentiels risquent de ne pas être convaincus que la certification obtenue est réellement un gage de qualité.

Les hypothèses du modèle sont les suivantes. Si l'idée est certifiée et adoptée par les consommateurs (tous identiques), le propriétaire obtient un profit π et les consommateurs une utilité U . La fonction objectif des organismes de certification est de la forme : $U + \alpha\pi$. Le paramètre α mesure la "complaisance" de

l'organisme de certification. Si α est élevé, l'organisme de certification accorde beaucoup d'importance aux intérêts des industriels ; si α est faible, l'organisme s'intéresse surtout au bien-être des consommateurs. Il existe un continuum d'organismes différant par leur degré de complaisance : $\alpha \in [0, \infty[$. Dans certaines variantes du modèle, la qualité de l'idée de l'innovation est fixe. Dans d'autres variantes, l'innovateur peut réaliser un effort $c \in [\underline{c}, \bar{c}]$ pour faire mieux correspondre son idée aux besoins des consommateurs. π est une fonction décroissante de c . L'utilité des consommateurs s'ils adoptent l'idée est égale à : $U = a + b + c$. a est la "qualité de base" de l'innovation. Ce paramètre est une connaissance commune de l'ensemble des agents du modèle. b est une variable aléatoire dont la valeur est inconnue de l'ensemble des agents mais qui va être découverte par l'organisme de certification lors de l'examen de l'idée. c est l'effort de la firme. Le timing du jeu est le suivant. (1) L'innovateur choisit c et α . (2) L'organisme de certification choisi examine l'idée, découvre la valeur de b et recommande ou non l'adoption de l'idée. (3) Les consommateurs potentiels observent la recommandation de l'organisme de certification (mais pas b) et choisissent d'adopter ou non l'idée proposée.

Les consommateurs n'observent pas b mais ils sont capables de calculer la valeur minimale que b doit atteindre pour que l'organisme de certification accepte d'émettre un avis favorable. Les consommateurs calculent l'espérance de b sachant que b dépasse ce seuil et ils adoptent l'innovation si l'espérance de leur utilité est supérieure à 0. Les consommateurs suivent donc les recommandations de l'organisme de certification si ce dernier est suffisamment exigeant. Le propriétaire de l'idée ne peut donc pas choisir un organisme de certification trop complaisant car l'avis de ce dernier ne serait pas suivi par les consommateurs. Le propriétaire de l'idée va cependant saturer cette contrainte en choisissant l'organisme de certification le plus complaisant (ayant le α le plus élevé) parmi ceux dont le niveau d'exigence est suffisant pour convaincre les consommateurs (*maximal complacency*). C'est la première caractéristique de l'équilibre, qui en a deux autres. Le choix de c est celui qui maximise la fonction objectif de l'organisme de certification donc celui qui maximise $c + \alpha\pi(c)$ (*efficient design*). Choisir un c plus élevé permet de relâcher la contrainte sur la valeur de α et donc de choisir un organisme de certification un peu plus complaisant. Si la "qualité observable", a , augmente les consommateurs sont plus faciles à convaincre. La firme choisit donc un c plus faible et un α plus élevé lorsque a augmente (*monotonicity*). Ces trois caractéristiques de l'équilibre semblent cohérentes avec les interviews menés par les auteurs auprès d'industriels cherchant à obtenir une certification et cohérentes avec les résultats d'une étude empirique menée par Chiao, Lerner et Tirole (2005).

Les auteurs appliquent leur modèle à la vente de licences en posant que c représente les *royalties* associés à la licence (*licence fee*) : $c = -p$. On a alors $U = a + b - p$ et $\pi = \pi_0 + p$. Les auteurs trouvent que, si en l'absence de *royalties*, le propriétaire choisit $\alpha > 1$ alors, avec des *royalties*, il choisit $\alpha = 1$ et $p > 0$. En revanche, si en l'absence de *royalties*, le propriétaire choisit $\alpha < 1$ alors, l'introduction de la possibilité de percevoir des *royalties* ne modifie pas l'équilibre. Le propriétaire choisit $p = 0$. Le droit de licence permet au propriétaire de capter le surplus des consommateurs, il choisit donc une règle de recommandation non biaisée $\alpha = 1$ pour maximiser le surplus social (et donc ses gains puisqu'il est mesuré de capter l'ensemble

du surplus). La seule contrainte pouvant l'empêcher d'adopter cette politique de certification est que les consommateurs demandent un processus de certification plus exigeant pour adopter l'innovation.

Les auteurs montrent que, si c est choisi par l'organisme de certification plutôt que par le propriétaire de l'idée³⁸, l'équilibre n'est pas affecté. En effet, le c choisit est celui qui maximise $c + \alpha\pi(c)$ donc le propriétaire choisit indirectement c en choisissant α . L'équilibre n'est pas non plus modifié, si le propriétaire ne peut s'engager sur la valeur de c et la choisit uniquement après avoir obtenu la certification. Comme c est observable par les consommateurs, cela ne modifie pas l'équilibre. Les auteurs montrent aussi que le propriétaire d'une idée n'a pas d'incitations à engager plusieurs processus de certifications auprès d'organismes différents. Ce pourrait cependant être le cas, si les organismes n'observaient pas la véritable valeur de b (mais uniquement un signal corrélé à b).

Les auteurs comparent le choix de α par un propriétaire et celui qui serait fait par un planificateur attribuant une pondération w au profit de l'entreprise. Si a est faible, les deux choix sont identiques. Si a est faible, les consommateurs exigent un α très faible (et donc un organisme très exigeant) pour être convaincus. La distorsion par rapport à l'optimum social vient des consommateurs, qui n'internalisent pas les profits de la firme, et sont trop exigeants. Le planificateur ne peut cependant pas atténuer ce problème. Il fait face à la même contrainte que la firme et adopte donc la même politique de certification. En revanche, si a est élevé, le planificateur choisit un c plus élevé et un α plus faible que la firme. Pour que le planificateur puisse augmenter le surplus social, il doit contrôler α et c . S'il ne peut réguler qu'une seule de ces deux valeurs, il introduit une distorsion dans le choix de l'autre variable et le surplus social diminue par rapport à l'absence de régulation.

Les auteurs développent plusieurs extensions.

La première consiste à supposer que la firme détenant l'idée est aussi utilisatrice de l'innovation mais qu'elle n'adopte l'innovation que si les autres consommateurs le font aussi (les externalités de réseaux sont fortes). La fonction de gain de la firme devient : $\pi(c) + \theta(a + b + c)$. Si θ est très faible, l'équilibre est le même que précédemment. Si θ dépasse un certain seuil, le α choisit à l'équilibre est une fonction croissante de θ . Une plus grande valeur de θ aligne les intérêts de la firme et des consommateurs et les consommateurs sont alors plus faciles à convaincre que l'innovation est valable. Si θ dépasse une certaine valeur, la firme choisit $\alpha \rightarrow \infty$.

La deuxième extension consiste à supposer que la firme reçoit un signal sur la valeur de b avant de choisir l'organisme de certification. Si le *design* de l'innovation est fixe, i.e. si la firme ne peut pas choisir c , l'équilibre est le même que lorsque l'information est symétrique. La firme continue de choisir le α le plus élevé compatible avec le fait que les consommateurs suivent la recommandation de l'organisme de certification. Si la firme choisit c , la politique de certification de la firme peut changer. Les auteurs présentent un cas où le signal peut prendre deux valeurs. Si le signal est mauvais, la firme se comporte comme dans l'équilibre avec

³⁸L'organisme de certification émet une liste d'exigences auxquelles le propriétaire doit se conformer pour que l'innovation obtienne la recommandation.

information symétrique. Si le signal est bon, la firme le signale en choisissant un organisme de certification plus exigeant (un α plus faible). Elle peut alors réduire la valeur de c . Les auteurs mixent les deux extensions. Dans ce cas, une firme recevant un signal positif choisit un α plus faible, même si la firme ne choisit pas c . La firme distord son choix et choisit un organisme trop complaisant, ce qui heurte ses intérêts en tant que consommateur de l'innovation. Mais cette distorsion est préférable à être perçue comme ayant reçu un signal mauvais.

Dans la troisième extension, α doit être choisi dans un ensemble discret. La propriété de monotonie de l'équilibre reste vérifiée. La firme continue de choisir le α le plus élevé compatible avec le fait que les consommateurs suivent la recommandation de l'organisme. En revanche, il est maintenant possible que les préférences de l'organisme et de la firme concernant la valeur de c divergent. Dans leur version de travail, les auteurs ont étudié un cas où il n'existe qu'un seul organisme de certification et où cet organisme joue avec la firme une sorte de *guerre d'usure*. Si c est faible, l'organisme peut demander des modifications avant l'adoption (*property morphing*), ce qui retarde l'adoption de l'innovation. Les deux joueurs doivent donc arbitrer entre les coûts de céder sur la valeur de c et les coûts de délai de l'adoption. Il y a aussi le risque que les consommateurs interprètent les délais comme de mauvais signaux sur la valeur de b et décident de ne pas adopter l'innovation (ce risque augmente avec la valeur de α). Dans Chiao et alii (2005), les auteurs étudient le choix des organismes de certification de s'engager à l'avance sur des exigences sur c .

La quatrième extension consiste à introduire de l'hétérogénéité parmi les consommateurs. Les consommateurs attribuent des valeurs de base différentes à l'innovation. a_i peut prendre deux valeurs selon le type du consommateur. Les auteurs commencent par supposer qu'il n'y a pas d'externalité de réseau. Selon les valeurs des paramètres, la firme peut (1) choisir un α élevé et se limiter à tenter d'attirer les consommateurs ayant un a_i élevé, (2) choisir un α très faible et tenter de faire adopter l'innovation à tous les consommateurs, ou, (3) envoyer deux signaux, en ayant recours à deux organismes de certification, un signal peu exigeant pour attirer les consommateurs ayant un a_i élevé et un signal beaucoup plus exigeant pour attirer les consommateurs ayant un a_i faible. Cette politique de double certification n'est cependant pas sans inconvénient car tous les consommateurs observent les deux signaux et donc les consommateurs ayant un a_i élevé sont plus difficiles à convaincre s'ils observent que l'organisme de certification exigeant a refusé la recommandation. Les auteurs supposent ensuite que les décisions d'adoption par les consommateurs donnent naissance à de fortes externalités de réseau. Les auteurs supposent que les a_i diffèrent et que les valeurs de b_i sont aussi différentes et iid d'un groupe de consommateurs à l'autre. Les auteurs supposent que la firme peut fixer des prix pour une licence différents pour les différents groupes. La firme choisit alors un seul organisme de certification mais des prix différents afin que $a_i - p_i$ soit égal pour tous les consommateurs potentiels. La firme n'emploie qu'un seul organisme de certification car les externalités de réseau étant très fortes, tous les consommateurs doivent prendre la même décision d'adoption. Ils doivent donc se coordonner sur une recommandation unique. La firme peut cependant capter le surplus de tous les consommateurs en discriminant par les prix.

Dans la dernière section de leur article, les auteurs commencent à explorer le cas où deux propriétaires d'idées ayant des a_i et des b_i différents sont en concurrence pour attirer les consommateurs. Les auteurs construisent un équilibre symétrique pour un exemple où les a_i sont identiques pour les deux firmes et les b_i ne peuvent prendre que trois valeurs (avec la première, la certification est toujours refusée, avec la troisième la certification est toujours accordée et avec la valeur intermédiaire, la certification est accordée uniquement si l'organisme est complaisant). Si la probabilité de la valeur haute de b est forte, les deux firmes choisissent un organisme de certification exigeant. Si la probabilité de la valeur intermédiaire est élevée par rapport à celle de la valeur haute, les deux firmes choisissent un organisme complaisant. Dans une zone intermédiaire, les firmes choisissent des organismes ayant des niveaux d'exigence différents. Pour certaines valeurs des paramètres, il est possible de trouver une zone où les deux firmes choisissent toutes les deux de retenir deux organismes de certification (ayant des niveaux d'exigence différents). Dans tous les cas, les firmes choisissent des organismes de certification (faiblement³⁹) moins complaisants que si elles étaient en situation de monopole. Chacune des firmes choisit un α un peu plus faible, et donc une probabilité plus faible d'obtenir la certification, pour convaincre les consommateurs que sa technologie est (en espérance) meilleure et augmenter la probabilité d'être choisie au cas où les deux firmes obtiendraient une certification.

8 Intervention publique

8.1 Quelles formes d'incitations pour la recherche ?

Si le bien produit par une firme innovante peut être produit par d'autres firmes, le fonctionnement libre du marché ne donne pas d'incitations à la première firme pour développer son innovation. La libre concurrence après l'invention du bien réduit les profits *post-innovation* à zéro et la firme innovante ne peut pas récupérer le coût de son programme de R&D. L'Etat doit intervenir pour restaurer les incitations à innover des firmes. Cette intervention prend souvent la forme de l'attribution d'un brevet qui permet à la firme innovante d'être en position de monopole pendant une certaine période. Cette forme d'intervention n'est cependant pas la seule possible. L'Etat peut aussi accepter de rembourser les coûts de R&D des firmes ou peut leur accorder une récompense monétaire (un prix) plutôt qu'un brevet. Il existe des exemples historiques d'attribution de récompenses sous forme de prix pour des innovations. Le *British Board of Longitude*, au XVIII^{ème} siècle, a proposé à plusieurs reprises des prix, déterminés à l'avance, à la première personne capable de concevoir une machine permettant de mesurer la longitude avec un certain degré de précision et en un certain temps⁴⁰.

Wright (1983) compare les avantages respectifs des brevets, des prix et des contrats de recherche. Il suppose qu'un grand nombre de firmes peuvent concourir pour inventer un bien ayant une valeur pour la société égale à B . Les fonctions de coût moyen des firmes sont en "U". La libre entrée sur le marché de l'innovation conduit les firmes à choisir une taille qui minimise ce coût moyen. Le niveau de recherche qui

³⁹Strictement, si b était une variable continue.

⁴⁰Exemple cité par Wright (1983).

minimise ce coût est normalisé à 1 "unité de recherche". Si le gain d'une firme qui innove la première est égale à B , les incitations des firmes à entrer sur le marché de la R&D sont trop fortes et trop de firmes se lancent dans le programme de recherche. En proposant une récompense dont le montant est optimal (et inférieur à B), on peut inciter le nombre optimal de firmes à entrer. On peut obtenir le même résultat en proposant un brevet à la première firme qui innove et en calculant la durée optimale de ce brevet. L'attribution d'un brevet entraîne cependant un comportement de monopole et une distorsion sur la quantité produite. Le même niveau de recherche peut être obtenu avec des contrats de recherche : l'Etat propose à chaque firme qui entre dans la course à l'innovation de lui verser une somme correspondant au coût d'une unité de recherche. S'il n'y a pas d'incertitude, les contrats de recherche et les prix permettent d'obtenir le même niveau de recherche que l'attribution d'un brevet mais sans générer de distorsion sur le niveau produit après l'innovation. Ces deux instruments sont donc supérieurs aux brevets.

La comparaison des trois instruments devient plus complexe lorsqu'on introduit de l'incertitude et surtout des asymétries d'information entre l'Etat et les firmes. Wright (1983) suppose que les coûts de la R&D et le gain B sont aléatoires. Les firmes observent les vraies valeurs de ces deux variables avant de décider si elles se lancent dans la course à l'innovation. En revanche, l'Etat ne connaît que les distributions de probabilité de ces deux variables lorsqu'il choisit son instrument d'intervention et la valeur de cet instrument (montant de la récompense, durée du brevet ou nombre d'unités de recherche achetées). Les firmes connaissent mieux que l'Etat les coûts des processus de recherche et la demande potentielle pour le bien. L'Etat peut choisir d'intervenir en passant des contrats de recherche. Il choisit alors directement le nombre d'unités de recherche engagées dans l'innovation. Cependant, avec cet instrument, le nombre d'unités de recherche ne peut être ajusté en fonction des valeurs des coûts de recherche ou de B . L'Etat peut aussi choisir de fixer une récompense qui sera attribuée à la première firme qui innovera. Les firmes observent le niveau de cette récompense et décide de concourir ou non. Les firmes vont tenir compte de leur coût de recherche dans leur décision de concourir ou non, mais pas de la véritable valeur de B . Le nombre de firmes actives s'ajuste donc au variation de coût mais pas aux variations de B . L'Etat peut enfin attribuer un brevet à la firme qui gagne la course à l'innovation. Dans ce cas, les firmes prennent en compte à la fois les variations des coûts de recherche et les variations de B dans leur choix de se lancer dans la course à l'innovation. Le système de brevet est donc le système qui permet d'utiliser toute l'information disponible tandis que les autres systèmes n'utilisent qu'une partie de l'information disponible. Cependant, le système de brevet introduit une distorsion sur le marché du bien. Le choix de l'instrument d'intervention de l'Etat va dépendre des variances des deux variables inconnues et de la sensibilité du niveau de la recherche aux "erreurs" dans la valeur de l'instrument retenu. Comme l'Etat ne dispose pas de toute l'information nécessaire, les valeurs qu'il va fixer sont différentes des valeurs optimales. Le problème est de savoir si une petite erreur dans la valeur de l'instrument (par exemple le niveau de récompense ou la durée du brevet) va provoquer une petite ou une grande variation dans le niveau de recherche choisi par les firmes⁴¹. L'auteur montre que le choix de

⁴¹Weitzman (1974) a analysé le même type de problème dans un modèle de choix de niveau de pollution.

l'instrument utilisé dépend de la probabilité de mener à bien l'innovation et de l'élasticité de l'offre d'unités de recherche au niveau de la récompense promise. Si le niveau de recherche varie peu lorsque le niveau de la récompense varie (par exemple parce que le nombre de chercheurs est relativement fixe à court terme), il est préférable d'utiliser un système de prix. Si le niveau de recherche devient plus sensible au niveau de la récompense promise, le choix de l'instrument approprié dépend de la probabilité de succès des firmes. Si cette probabilité est très élevée, les contrats de recherche sont l'instrument optimal. A l'opposé, lorsque cette probabilité est faible, il est préférable d'attribuer des brevets aux firmes. Pour les valeurs intermédiaires, le système de prix reste le meilleur. L'attrait des contrats lorsque le niveau de recherche est très sensible au niveau des récompenses est dû au problème que les firmes peuvent avoir trop d'incitations à se lancer dans la course à l'innovation. L'information supérieure des firmes ne se traduit alors pas nécessairement par de meilleurs choix et peut au contraire accroître le gaspillage des ressources. Lorsque la probabilité de succès est élevée, l'activité de recherche devient en fait une activité assez routinière et presque déterministe. Il est alors préférable pour l'Etat de choisir directement les quantités d'unités de recherche avec des contrats.

L'auteur note que d'autres éléments, qui n'ont pas été pris en compte dans le modèle, peuvent influencer le choix d'instrument d'intervention. Deux problèmes importants, notamment, n'ont pas été abordés : (1) avec le système de contrat, la rémunération des firmes est indépendante du résultat de leur recherche. Cela peut générer de gros problèmes d'aléa moral. Les chercheurs n'ont plus aucune incitation monétaire à faire des efforts pour trouver. (2) le système de prix peut poser des problèmes de description de l'innovation à réaliser. L'Etat doit *ex-ante* avoir une idée précise du design du bien à inventer. Souvent, les firmes peuvent inventer des biens auxquels les fonctionnaires de l'Etat n'avaient pas pensé. Dans ces cas, cet instrument est inapproprié. Le système de contrat pose moins le problème de la description précise du bien à inventer mais ne fonctionne pas non plus pour les innovations potentielles auxquelles des firmes pensent mais pas les fonctionnaires. Le système de brevet ne pose pas ce problème.

Kremer (1998) propose un mécanisme de rachat du brevet par l'Etat en utilisant des informations sur la valeur sociale de l'innovation obtenues des firmes concurrentes grâce à un mécanisme d'enchères.

8.2 Subventions

Dans un grand nombre de modèles, on a vu que les dépenses de R&D des firmes pouvaient être trop faibles par rapport à celles socialement optimales. L'Etat peut alors intervenir pour subventionner la R&D des firmes, en remboursant une partie des dépenses, ou peut accorder des déductions fiscales aux firmes faisant de la recherche. Etablir le montant de la subvention optimale dans des modèles théoriques n'est pas un exercice très difficile ; en revanche, vérifier empiriquement l'impact des subventions sur le montant totale de la R&D des firmes est un exercice beaucoup plus délicat.

Takalo, Tanayama et Toivanen (2013b) ont développé un modèle théorique pouvant servir de base à des études économétriques structurelles. Une firme privée doit trouver des financements pour lancer un

programme de R&D. Le coût du projet se décompose en un coût fixe F et un coût variable R . Les sommes nécessaires peuvent être obtenues auprès d'un organisme public et auprès de financiers privés. Le modèle comprend quatre étapes. Lors de la première, la firme décide de déposer ou non un dossier de demande de subvention auprès de l'administration. La préparation du dossier représente un coût K pour la firme. Lors de la deuxième étape, l'administration étudie le dossier. Elle choisit ensuite le niveau de la subvention qu'elle accorde. La subvention correspond à une proportion s des coûts variables que l'administration s'engage à rembourser. s doit être choisi dans l'intervalle $[0, \bar{s}]$ avec $\bar{s} < 1$. Il existe un plafond exogène \bar{s} au-dessus duquel l'administration ne peut pas aller. L'administration ne finance pas les coûts fixes, car l'allocation des coûts fixes entre les différentes activités de l'entreprise est un problème trop compliqué. L'administration peut refuser la subvention en choisissant $s = 0$. Le comportement de l'administration est soumis à un aléa. Cette hypothèse est introduite pour qu'à l'équilibre certaines firmes soumettent des demandes qui sont rejetées. Formellement, l'administration choisit la valeur de s qui maximise $vR(s) + \pi^E(R(s), s) + \pi^B - gsR(s)$ où $\pi^E(R(s), s)$ est le profit de l'entreprise, π^B est le profit de la banque accordant le financement privé, $gsR(s)$ est le coût de la subvention pour les finances publiques ($g > 1$ est le coût marginal des fonds publics) et $vR(s)$ est l'évaluation de la valeur sociale du projet. L'aléa est introduit en supposant que v est une variable aléatoire. v correspond aux externalités que l'administration associe au projet. Lors de la troisième étape, la firme demande un financement à une banque. Le marché bancaire est supposé parfaitement concurrentiel. Le taux de rendements sur ce marché est égal à $\rho > 1$. Donc emprunter 1 coûte ρ à la firme. La firme doit emprunter $R + F$. La subvention correspondant à un remboursement des coûts, elle n'intervient qu'après. Lors de la quatrième étape, la firme choisit R . Enfin, la firme obtient un revenu $\pi = \alpha^{1-\gamma} \left(\frac{R^\gamma - 1}{\gamma} \right)$, elle rembourse son prêt, elle touche sa subvention et conserve les profits résiduels.

Les marchés financiers ont un rôle plutôt passif dans ce modèle. Ils financent les projets qui leur sont présentés et prélèvent une marge $\rho - 1$ sur chaque unité prêtée. Si la firme décide de lancer le projet, elle choisit $R(s) = \alpha (\rho - s)^{\frac{1}{\gamma-1}}$. Si F est très élevé, la firme renonce au projet (si $\pi^E(R(s), s) < 0$). Si on néglige toutes les contraintes, l'administration choisit $s = \frac{v - \rho(g-1)(1-\gamma)}{1 + \gamma(g-1)}$. Ce montant peut cependant être insuffisant pour inciter la firme à entreprendre le projet. Dans ce cas, l'administration choisit entre $s = 0$ et le montant minimal de s incitant la firme à entreprendre le projet. Enfin, pour des raisons exogènes, l'administration est contrainte de respecter $s \leq \bar{s}$. L'administration doit donc choisir entre quatre valeurs possibles de s : 0, \bar{s} , la valeur non contrainte, et la valeur minimale permettant le lancement du projet. Le modèle permet d'établir une dernière condition, qui correspond à la décision de la firme de demander une subvention. La firme arbitre entre le coût K et l'espérance du montant qu'elle espère obtenir (en prenant en compte la probabilité qu'elle abandonne le projet si le financement est insuffisant).

Les différentes équations obtenues peuvent toutes servir de base à une étude économétrique.

Les auteurs tirent aussi quelques conclusions pour la politique économique de leur modèle. La subvention optimale est une fonction croissante de v . Ce résultat est assez intuitif, si les pouvoirs publics évaluent plus les programmes de R&D des firmes, ils versent des subventions plus importantes pour stimuler la R&D. Si

ρ augmente, la subvention optimale diminue (en supposant que les firmes n'abandonnent pas le projet). Si le coût des financements externes augmente, les pouvoirs publics réduisent leurs subventions car la R&D a un coût plus élevée et l'impact des subventions sur la R&D est plus faible. On peut avoir l'effet opposé si la viabilité du projet de R&D est remis en cause par l'augmentation de ρ . Dans ce cas, il est possible que l'administration augmente s pour que la firme n'abandonne pas le projet. La variation optimale de s lorsque ρ varie dépend donc si l'effet attendu est de garantir l'existence de programmes de R&D (*extensive margin*) ou d'accroître l'échelle de projets existants (*intensive margin*). Il est donc important que les études économétriques distinguent les deux effets et ne se contentent pas d'un seul paramètre englobant les deux effets. Les auteurs notent aussi que la subvention optimale dépend des caractéristiques (α , γ et F) des projets des firmes. Les subventions peuvent donc varier d'une firme à l'autre. L'une des questions centrales de la littérature empirique est de savoir si les subventions augmentent réellement la R&D des firmes ou si elles constituent uniquement un opportunité pour les firmes de financer sur des fonds publics des dépenses qu'elles auraient payées avec leurs ressources propres. Par définition, les effets "*extensive margin*" correspondent à de nouveaux projets. Il existe des effets "*intensive margin*" si $\gamma > (\rho - 1) / (\rho - s)$. Les rendements de la R&D ne doivent pas être trop concaves pour les subventions augmentent la R&D des firmes.

Voir aussi Takalo, Tanayama et Toivanen (2013a), Lach (2002), Bloom, Griffith et Van Reenen (2002), Czarnitzki, Hanel et Miguel Rosa (2011), Czarnitzki et Lopes Bento (2013), David, Hall et Toole (2000), Gelabert, Fosfuri et Tribo (2009), Gonzalez, Jaumandreu et Pazo (2005), Hall et Van Reenen (2000) et Lokshin et Mohnen (2011).

8.3 Politique de la concurrence

8.3.1 Restriction à l'entrée et innovation

Traditionnellement, la politique antitrust a eu comme principal objectif l'efficacité statique des industries. Elle a lutté contre les accords de collusion et les fusions qui provoquaient une augmentation des prix et une réduction du surplus social. De plus en plus, la politique antitrust s'intéresse aussi à l'efficacité dynamique. Elle essaye de lutter contre les stratégies des firmes en place freinant les innovations et essaye de ne pas réduire les incitations à innover par des restrictions excessives sur les stratégies de concurrence des firmes.

Segal et Whinston (2007) avancent que les restrictions imposées aux firmes en place qui tentent de conserver leurs positions contre des entrants potentiels ont a priori un effet ambigu sur le taux d'innovation d'une industrie. Ces restrictions augmentent le profit initial d'une firme lorsqu'elle entre sur un marché détenu initialement par une autre firme. Ce qui augmente les incitations à innover des entrants potentiels. Cependant, la firme qui entre deviendra par la suite une firme en place elle même menacée par de nouveaux entrants potentiels. Les restrictions imposées par la politique de la concurrence empêcheront alors la firme de poursuivre certaines stratégies pour dissuader des entrants potentiels d'entrer dans son industrie. Les restrictions imposées par la politique de la concurrence réduisent donc les profits futurs des entrants poten-

tiels, ce qui réduit leurs incitations à innover et à entrer dans l'industrie. Les auteurs développent un modèle stylisé pour essayer de déterminer l'effet dominant et donc l'effet des politiques de la concurrence sur le taux d'innovation d'une industrie.

Le modèle de base comprend deux firmes : une firme en place et un entrant potentiel. Seul l'entrant potentiel fait des efforts de R&D. Lorsqu'il parvient à mettre au point un produit innovant, il entre dans l'industrie. Pendant la période d'entrée de la nouvelle firme, les deux firmes se font concurrence. La firme en place réalise un profit $\pi_I(\alpha)$ et l'entrant un profit $\pi_E(\alpha)$. α est un paramètre mesurant les restrictions imposées par la politique de la concurrence. Les auteurs supposent $\frac{\partial \pi_E(\alpha)}{\partial \alpha} > 0$. A l'issue de cette période, la firme en place quitte l'industrie. L'entrant devient la firme en place, l'ancienne firme en place devient l'entrant potentiel et le jeu recommence. Lorsqu'une firme en place est seule sur le marché, elle gagne $\pi_m(\alpha)$ à chaque période. L'entrant potentiel choisit à chaque période la probabilité ϕ qu'il développe un produit innovant. Le coût de la R&D de cette firme est égal à $c(\phi)$, où $c(\cdot)$ est une fonction convexe.

Les auteurs montrent qu'une augmentation de α augmente l'innovation si et seulement si :

$$\pi'_E(\alpha) + \delta \frac{(1-\phi)\pi'_m(\alpha) + \phi\pi'_I(\alpha)}{1-\delta(1-\phi)} \geq 0$$

Une modification de la politique de la concurrence accroît le taux d'innovation si elle augmente l'espérance de profit de l'entrant sur l'ensemble de la durée de vie de son produit. ϕ est une fonction de α ; on peut cependant déterminer le sens de la variation du taux d'innovation lorsque α change en considérant ϕ constant. L'effet indirect dû à la modification de ϕ est dominé par l'effet direct.

Si on suppose $\pi'_m(\alpha) = 0$, la condition précédente devient :

$$\pi'_E(\alpha) + \frac{\delta\phi}{1-\delta(1-\phi)}\pi'_I(\alpha) \geq 0$$

L'effet de α sur l'innovation dépend de son effet sur la somme pondérée du profit des deux firmes lors de la période d'entrée. Le profit de la firme en place reçoit une pondération inférieure car la firme en place recevra ce profit plus tard que le profit $\pi'_E(\alpha)$. Il en résulte que si $\pi'_E(\alpha) + \pi'_I(\alpha) \geq 0$ alors la modification de α augmente nécessairement l'innovation.

Une première implication de ce résultat est que l'interdiction des stratégies où la firme en place entreprend une action coûteuse pour réduire le profit de l'entrant augmente nécessairement le taux d'innovation. Car cette interdiction augmente $\pi_E(\alpha)$ et $\pi_I(\alpha)$. De même l'interdiction des stratégies de prédation où la firme en place accepte un coût pour éliminer l'entrant avec une certaine probabilité augmente le taux d'innovation. Une deuxième implication est que l'autorité de la concurrence ne doit jamais interdire un accord technologique (par exemple de licence) entre les deux firmes lors de la période de transition. Si les deux firmes signent cet accord, c'est qu'il augmente le profit des deux firmes et donc il encourage l'innovation.

Les auteurs introduisent une note d'avertissement sur la généralité de leur résultat. Si l'industrie est en croissance, les profits des firmes augmentent dans le temps et l'entrant peut accorder plus d'importance à $\pi_I(\alpha)$ qu'à $\pi_E(\alpha)$. Il est alors possible que l'innovation diminue malgré $\pi'_E(\alpha) + \pi'_I(\alpha) \geq 0$.

Les auteurs montrent qu'un résultat semblable à celui trouvé dans le modèle de base peut être obtenu en enrichissant le modèle pour faire dépendre les profits de ϕ ou en supposant l'existence de plusieurs entrants potentiels (le nombre d'entrants potentiels peut aussi être déterminé par une condition de profit nul (libre entrée)).

Le résultat déterminé dans le modèle de base peut être appliqué à des modèles spécifiques. Dans la première application, les auteurs supposent que la firme en place peut établir des contrats d'exclusivité avec une partie des consommateurs. A la période t , la firme en place passe un contrat qui engage le consommateur qui le signe à acheter le bien de la firme en place à un prix prédéterminé. Cette stratégie augmente $\pi_I(\alpha)$, réduit $\pi_E(\alpha)$ et diminue $\pi_I(\alpha) + \pi_E(\alpha)$. Une politique de la concurrence limitant la proportion des consommateurs pouvant être couvert par ce type de contrat d'exclusivité augmente le taux d'innovation de l'industrie. Les auteurs montrent aussi que cette politique de la concurrence augmente le surplus social. Il est possible que le taux d'innovation soit supérieur au taux socialement optimal (à cause du *business stealing effect*), cependant une fois que l'innovation a été réalisée, il n'est pas souhaitable que des consommateurs continuent d'acheter la version précédente du bien. Ce second effet domine le gain pouvant être réalisé en réduisant le taux d'innovation.

Dans la deuxième application, les auteurs considèrent un modèle de générations imbriquées où les consommateurs vivent deux périodes et achètent lors de la première un bien durable. Ce bien génère une externalité de réseau. La firme en place choisit le taux de compatibilité de son bien et du futur bien. Rendre les biens incompatibles réduit $\pi_E(\alpha)$. Si rendre les biens plus compatibles n'augmentent pas leur coût de production, une politique de la concurrence obligeant la firme en place à accroître la compatibilité des biens accroît le taux d'innovation. L'effet sur le surplus social est ambigu, car les auteurs supposent que la compatibilité est ascendante mais pas descendante (ex : les logiciels prévus pour les anciens ordinateurs fonctionnent avec les nouveaux mais pas l'inverse). Le surplus des personnes ayant l'ancienne version du bien diminue lorsqu'une innovation intervient.

Les auteurs considèrent ensuite la possibilité pour la firme en place de faire elle aussi de la R&D pour améliorer son produit. Cette extension complique beaucoup le modèle. En effet, le modèle peut devenir non stationnaire. L'avance technologique de la firme en place sur les entrants potentiels dépend du nombre d'innovations consécutives de la firme en place. Les auteurs évitent ce problème en se concentrant sur deux cas particuliers. Dans le premier, ils supposent que si la firme en place innove, elle obtient un brevet sur sa nouvelle innovation mais doit abandonner son brevet sur l'ancienne. La seule raison pour laquelle la firme en place fait de la R&D est pour éviter d'être remplacée. Si elle innove en même temps qu'un entrant potentiel, elle a une chance de conserver son statut de firme en place. L'effet de α sur les efforts de R&D des entrants potentiels reste semblable à la version de base du modèle. En revanche, l'effet sur les efforts de R&D de la firme en place sont ambigus. Dans le modèle de contrats d'exclusivité, la limitation de ces contrats accroît les efforts de R&D des deux types de firmes. La firme en place a plus d'incitations à tenter de conserver son statut si elle peut pas se créer un marché captif avec des contrats d'exclusivité. Dans le modèle de

choix de compatibilité, l'obligation d'augmenter la compatibilité des biens accroît les efforts de R&D des entrants mais a un effet ambigu sur ceux de la firme en place (ils peuvent augmenter ou diminuer selon la valeur des paramètres du modèle). Dans le deuxième cas particulier, les auteurs supposent que les efforts de R&D de la firme en place ont pour objet d'augmenter $\pi_m(\alpha)$ mais ne modifient pas la possibilité pour les entrants potentiels de remplacer la firme en place. Dans le modèle avec contrats d'exclusivité, la firme en place a plus d'incitation à conserver son statut. Elle augmente donc son effort de R&D pour conserver ses consommateurs lorsqu'elle ne peut pas se créer un marché captif. En revanche, l'effet sur l'incitation à innover de l'entrant devient ambigu. L'effet de l'augmentation de son profit de première période peut être dominé par la réduction de son espérance de profit ensuite. Dans le modèle de choix de compatibilité, la politique de la concurrence n'a plus d'effet direct sur les incitations des firmes.

8.3.2 Position dominante

Les autorités de la concurrence se montrent souvent soupçonneuses envers les firmes qui dominent largement leur marché. Microsoft notamment a été poursuivi par l'autorité américaine puis par l'autorité européenne pour abus de position dominante. L'autorité européenne a exigé de Microsoft qu'il divulgue des informations sur ses programmes afin de réduire la différence entre cette firme et les firmes concurrentes.

Žigic et Maçi (2011) développent deux modèles de concurrence avec des choix de R&D où les dépenses de R&D et le surplus social sont plus élevés lorsqu'une firme domine le marché que lorsque les firmes sont symétriques. Sur cette base, ils se montrent assez critique sur le manque de fondements théoriques de la position de l'autorité européenne.

Le premier modèle compare les équilibres de Stackelberg et de Cournot dans un jeu où les firmes se livrent une concurrence en quantités et en R&D⁴². Les firmes produisent des biens imparfaitement substituables. La fonction de demande inverse du bien i est égale à : $p_i = a - q_i - b \sum q_j$. En l'absence de firme leader, le jeu comprend deux étapes. Lors de la première, un grand nombre d'entrants potentiels décident simultanément de payer ou non un coût fixe F pour entrer sur le marché. Lors de la deuxième étape, les firmes choisissent simultanément leur niveau de production et leur niveau de dépenses de R&D. L'investissement en R&D permet de diminuer le coût unitaire de production des firmes. Le coût unitaire d'une firme est égale à $c - x_i$, où x_i est le niveau de R&D de la firme. La R&D engendre un coût fixe égale à $\frac{x_i^2}{\gamma}$. Le jeu avec une firme leader comprend trois étapes. Lors de la première, la firme leader paye F pour entrer sur le marché et choisit son niveau de production et son investissement en R&D. Lors de la deuxième, les autres firmes choisissent d'entrer ou non sur le marché. Lors de la troisième, les autres firmes qui ont décidé d'entrer choisissent simultanément leurs niveaux de production et de R&D. La firme leader choisit un niveau de production et de R&D plus élevés que ceux des autres firmes. Le nombre de firmes actives sur le marché est plus faible dans le jeu avec leader que dans le jeu sans leader. L'émergence d'une firme dominante réduit donc le nombre de firmes actives. Les auteurs montrent cependant que les dépenses de R&D totales et la production agrégée

⁴²Etro (2004) obtient des résultats assez similaires.

totale sont identiques dans les deux modèles. Les firmes *follower* vendent au même prix dans les deux modèles. La firme leader vend à un prix plus faible que celui des autres firmes. Les auteurs montrent que, malgré une gamme de produits plus faible, le surplus des consommateurs est plus élevé dans le modèle avec une firme leader. Le surplus social est aussi plus élevé dans le modèle avec une firme leader. Obliger une firme leader à renoncé à sa position et l'obliger à devenir identique aux autres firmes ne garantit donc pas une augmentation du surplus des consommateurs et du surplus social.

Les auteurs présentent une autre modélisation qui conduit à la même conclusion. Dans ce second modèle, toutes les firmes effectuent leur choix simultanément. Elles choisissent un niveau de R&D qui conditionne leur coût unitaire et se livrent une concurrence en prix infiniment répétée. L'une des firmes a cependant une fonction de coût d'investissement en R&D plus faible que les autres. L'autorité de la concurrence peut obliger cette firme à révéler sa technologie aux autres firmes pour que toutes disposent de la même fonction de coût d'investissement en R&D. Si toutes les firmes sont symétriques, elles passent un accord de collusion. Elles choisissent le même niveau de R&D puis fixent le prix de monopole lors de chaque période. Si, au contraire, une firme dispose d'un avantage technologique suffisamment important, cette firme peut préférer la concurrence à la collusion. Cette firme investit fortement en R&D pour se créer un avantage en coût suffisamment important. Elle fixe ensuite un prix suffisamment bas pour qu'aucune des autres firmes ne soit inciter à choisir un prix inférieur ou égal. De nouveau, une structure de marché avec une firme dominante peut conduire à plus de R&D et à un prix plus faible. De nouveau, une intervention de l'autorité de la concurrence supprimant l'avantage de la firme dominante se traduit par une réduction du surplus des consommateurs et du surplus social.

8.3.3 Collusion et innovation

Lambson et Phillips (2007) étudient un modèle de croissance endogène Schumpeterien. Dans ce type de modèle, les nouvelles innovations remplacent les produits existants, qui disparaissent. Les auteurs se démarquent des modèles précédents en considérant un modèle en temps discrets et en faisant l'hypothèse que deux firmes peuvent innover simultanément. En "cas d'égalité", deux situations sont possibles. (1) Les firmes se livrent une concurrence en prix à la Bertrand et obtiennent des profits nuls ou (2) les deux firmes passent un accord de collusion et se partagent les profits de monopole. Les auteurs montrent que les dépenses de R&D et le taux de croissance de l'économie sont plus élevés avec la collusion qu'avec la concurrence. Autoriser les firmes à faire de la collusion si elles innover simultanément augmente le taux de croissance de l'économie. Dans ce type de modèle, les dépenses de R&D peuvent être trop faibles ou trop élevées par rapport à l'optimum social en fonction des paramètres et des formes fonctionnelles retenus. Autoriser la collusion peut donc accroître le bien-être social ou le réduire. Les auteurs se livrent à différentes simulations et trouvent que l'autorisation de la collusion accroît généralement le bien-être social.

8.3.4 Contrôle des accords de coopération en R&D

Les accords de coopération entre firmes concurrentes sont généralement vus avec suspicion par les autorités de la concurrence. Les accords de coopération en R&D ne sont cependant pas interdits et peuvent même encouragés. Le modèle d'Aspremont et Jacquemin (1988) et les modèles qui l'ont suivi ont montré que la coopération entre les firmes pouvait augmenter les efforts globaux de R&D ou les réduire selon les circonstances. Les autorités de la concurrence doivent s'efforcer de distinguer les deux cas et autoriser les accords qui augmentent la R&D tout en interdisant les accords qui réduisent la R&D. Cet examen est un exercice difficile. Les autorités de la concurrence doivent aussi veiller à ce qu'un accord de R&D ne soit pas une couverture pour dissimuler un accord de collusion sur les prix ou les quantités. Les firmes peuvent prétexter un accord de R&D pour se rencontrer fréquemment et tenter de coordonner leurs prix.

L'examen au cas par cas nécessite des ressources élevées pour être mener à bien. En outre, cet examen au cas par cas génère beaucoup d'incertitude pour les entreprises qui s'engagent dans une coopération sans savoir si cette coopération sera autorisée. Les autorités de la concurrence accordent donc des exemptions et autorisent ex ante sans contrôle les accords respectant certains critères. La réglementation adoptée en décembre 2010 par la Commission Européenne (n°1217/2010) autorise sans examen les accords de coopération en R&D si la somme des parts de marchés des firmes participant à l'accord ne dépasse pas 25%. La Commission Européenne justifie cette exemption en avançant que les accords entre des firmes de petites tailles ne génèrent pas d'effets anticoncurrentiels importants et que la concurrence entre les firmes permettra que les réductions de coût entraînent des réductions de prix.

Ruble et Versaveel (2014) avancent que l'argumentation de la Commission Européenne n'a pas de bases théoriques bien établies. Ils construisent un modèle où il est possible que les bénéfices de l'accord pour les consommateurs augmentent au contraire avec la part de marché totale des firmes participant à l'accord. Le modèle comprend n firmes initialement identiques. La fonction de demande inverse de l'industrie est égale à $P = a - Q$. Les auteurs définissent $\alpha \equiv a - c$. Les efforts de R&D des firmes permettent d'augmenter α . Ils peuvent être interprétés soit comme des réductions de coût (diminution de c), soit comme une augmentation de la qualité des biens (augmentation de a). Parmi les n firmes, m firmes sont capables de faire de la R&D. Les auteurs vont comparer l'équilibre obtenu lorsque chacune de ces m firmes choisit son effort de R&D de façon non-coopérative et celui obtenu lorsque les m firmes choisissent coopérativement leur R&D afin de maximiser la somme de leurs profits. Il existe des *spillovers* entre les firmes. Le taux de *spillovers* entre les m firmes effectuant de la R&D est égal à $\beta \in [0, 1]$. Le taux de *spillovers* entre ces m firmes et les $n - m$ autres firmes est égal à $\mu \in [0, \beta]$.

Les auteurs commencent par montrer que la quantité totale produite est une fonction croissante de l'effort total de R&D. L'impact de l'accord sur le surplus des consommateurs a donc le même signe que l'impact de l'accord sur le montant total de R&D.

Les auteurs commencent par étudier un modèle semblable à celui d'AJ où les *spillovers* interviennent au

niveau des outputs de la R&D. Ils trouvent que si $\beta > 1/2$, les firmes font plus de R&D lorsqu'elles coopèrent indépendamment du nombre $(n - m)$ de firmes extérieures à l'accord. Donc, l'accord devrait être autorisé quelle que soit la part de marché totale des firmes participant à l'accord. Si $\beta < 1/2$, l'accord augmente la R&D si m est faible par rapport à n et la diminue si m est élevé par rapport à n . Si $\beta < 1/2$, on trouve un résultat appuyant le raisonnement de la Commission Européenne. Mais, ce n'est plus le cas lorsque $\beta > 1/2$. Si $\beta > 1/2$, on retrouve le résultat d'AJ. La coopération entre les firmes permet d'internaliser l'externalité positive entre les firmes et les incitent à augmenter leur R&D. La présence de firmes extérieures doit réduire l'ampleur de l'effet mais ne l'inverse pas. Lorsque $\beta < 1/2$, AJ ont montré que, si $m = n$, le choix coopératif de la R&D permet aux firmes d'internaliser l'externalité négative de leur R&D sur la production des autres firmes et les incitent à réduire leur R&D. Avec $m < n$, l'externalité négative n'est pas totalement prise en compte. En outre si $\beta > \mu$, il existe une externalité positive entre les firmes participant à l'accord. Lorsqu'elles augmentent leur R&D, elles avantagent les autres firmes participant à l'accord par rapport aux firmes extérieures à l'accord qui reçoivent moins de *spillovers*. Cet effet les incitent à accroître leur R&D. Cet effet n'existe pas lorsque $m = n$ mais augmente avec $n - m$. Lorsqu'il y a beaucoup de firmes extérieures à l'accord (donc lorsque la part de marchés des firmes participant à l'accord est faible), l'accord augmente la R&D totale et bénéficie aux consommateurs.

Les auteurs adoptent ensuite une modélisation semblable à celle de Kamien et alii (1992) et supposent que les *spillovers* interviennent au niveau des inputs de la R&D. La réduction des coûts est une fonction concave de l'effort de R&D. Si β est très élevé (proche de 1), l'accord est bénéfique quelles que soient les parts de marché des firmes. Si β est plus faible, l'accord n'est pas toujours bénéfique pour les consommateurs. Les auteurs montrent que l'accord a plus de chance d'être bénéfique lorsque $n - m$ est plus faible donc lorsque la part de marché des firmes participant à l'accord est élevé si μ est élevé. Un résultat opposé à l'argument de la Commission Européenne. La différence de résultat entre les deux modélisations est due à la concavité de la fonction reliant les inputs de la R&D et ses résultats. Les gains de la R&D diminuent quand son niveau augmente. Or, les firmes extérieures à l'accord ont des inputs de la R&D plus faibles (ils sont seulement égaux aux *spillovers* qu'ils reçoivent) que les firmes participant à l'accord. Le bénéfice marginal est donc plus élevé pour les firmes extérieures et si μ est élevé, il devient possible qu'une unité de R&D additionnelle engendre un gain plus élevé pour les firmes extérieures que pour les firmes participant à l'accord. Si c'est le cas, les firmes participant à l'accord ont une forte incitation à réduire leur R&D. Cet effet est plus faible, s'il y a moins de firmes extérieures. Il est donc possible que pour certaines valeurs des paramètres l'accord de R&D est bénéfique s'il rassemble beaucoup de firmes, mais pas s'il ne rassemble que quelques firmes. Un résultat opposé à l'argumentation de la Commission Européenne.

Dans une dernière section, les auteurs supposent que les firmes extérieures peuvent aussi faire de la R&D. Le modèle devient plus difficile à résoudre et les auteurs utilisent des simulations numériques. Il est à nouveau possible de construire des cas où les bénéfices de l'accord augmentent avec le nombre de firmes participant. La règle du seuil de 25% de la Commission Européenne permettrait donc d'autoriser sans examen des accords

réduisant le surplus des consommateurs et ferait peser un risque juridique fort, qui pourrait être dissuasif, sur les accords potentiellement les plus bénéfiques. Les auteurs plaident donc pour un abandon de cette règle, qui ne semble pas avoir de fondements théoriques. Ils notent, toutefois, dans leur conclusion que la prise en compte du risque de collusion accru en cas d'accord de R&D pourrait modifier leur conclusion et appuyer l'idée avancée par la Commission.

9 Caractéristiques optimales des brevets

9.1 Innovation unique

Pour inciter les firmes à mener des programmes de R&D, il est souvent nécessaire de leur concéder des brevets qui leur donnent un droit de monopole sur l'exploitation de leur découverte. La création d'un monopole peut cependant entraîner des distorsions importantes. Gilbert et Shapiro (1990) et Klemperer (1990) étudient la forme que doit prendre les brevets pour minimiser la perte de bien-être social due aux distorsions de monopole. Dans ces deux études, les auteurs supposent que le brevet doit garantir à son détenteur un profit actualisé égal à une valeur V exogène. Les brevets sont caractérisés par deux variables : leur longueur et leur "largeur". Si on réduit l'une de ces dimensions, il faut augmenter l'autre pour que le profit actualisé reste le même. Les deux études divergent dans la définition de la "largeur" d'un brevet.

Pour Gilbert et Shapiro (1990), la "largeur" d'un brevet se caractérise par l'ampleur de l'écart entre le prix que peut fixer une firme et son coût marginal. Un brevet est "large", si la firme peut fixer des prix élevés et il est "étroit" si la firme ne peut pas fixer des prix très différents de son coût marginal. L'arbitrage que doit résoudre l'autorité publique chargée de la définition des brevets est de décider s'il est préférable qu'une firme fixe des prix très élevés pendant une période relativement courte ou des prix plus faibles mais pendant une période très longue. Les auteurs montrent que, sous des hypothèses assez générales, la perte de surplus social est une fonction convexe de l'écart entre le prix fixé par la firme et son coût marginal et une fonction linéaire de la période couverte par le brevet. Ils concluent donc que le brevet optimal devrait avoir une durée infinie et une "largeur" juste suffisante pour permettre un profit actualisé égal à V .

Klemperer (1990) retient une définition différente de la largeur d'un brevet. Son modèle est un modèle de biens différenciés et la largeur d'un brevet est la distance minimale qui doit être laissée entre le bien protégé par le brevet et les biens offerts par les firmes concurrentes souhaitant imiter le bien protégé. L'auteur suppose que les firmes imitatrices sont potentiellement très nombreuses et qu'elles n'ont pas de coût fixes. Les biens aux frontières du brevet sont donc offerts à des prix égaux aux coûts marginaux des firmes imitatrices (normalisés à 0). L'auteur suppose que tous les consommateurs préfèrent le bien protégé par un brevet. Les consommateurs ont des fonctions de demande décroissantes avec le niveau de prix des biens. Les coûts de transports sont linéaires et ils varient d'un consommateur à l'autre. Les coûts de transports sont proportionnels aux quantités achetées. Le brevet optimal est celui qui minimise la perte de surplus

social. Il y a trois sources de perte de surplus social : (1) la firme qui a le brevet fixe un prix supérieur au coût marginal ce qui incite les consommateurs à réduire leur demande. C'est la distorsion habituelle due au comportement de monopole. (2) certains consommateurs renoncent à leur bien idéal et se tournent vers les produits offerts par les firmes imitatrices. Cela génère des coûts de transport. (3) l'existence de ces coûts de transports conduit ces consommateurs à réduire leur demande. En augmentant, la largeur du brevet on réduit le nombre de consommateurs qui choisissent de se tourner vers un autre produit mais on provoque une augmentation du prix du bien et donc une diminution de la demande des consommateurs. Parallèlement, une augmentation de la largeur du brevet permet de diminuer la longueur du brevet. L'auteur caractérise d'abord le brevet optimal dans deux cas particuliers. Premier cas, tous les consommateurs ont les mêmes coûts de transport. La firme possédant le brevet va alors fixer un prix tel qu'aucun consommateur ne décide d'acheter une imitation de son produit. Les sources de perte (2) et (3) ne sont donc pas un problème et le brevet optimal est celui qui réduit la source de perte (1). On retrouve alors le résultat de Gilbert et Shapiro (1990). Le brevet optimal a une durée infinie et la largeur du brevet est la plus petite compatible avec l'objectif d'un profit actualisé égal à V . En réduisant la largeur du brevet, on permet aux concurrents de produire des substituts proches et on oblige la firme détentrice du brevet à fixer un prix faible. Second cas particulier, tous les consommateurs ont des demandes unitaires et le même prix de réserve. Dans ce cas, la firme détentrice du brevet va toujours fixer un prix inférieur à ce coût de réserve. La source de perte (1) est donc nulle et le brevet optimal doit minimiser la source de perte (2). Pour éliminer (2), il faut augmenter le plus possible la largeur du brevet. Le brevet optimal a donc une largeur infinie et la longueur du brevet est ajustée pour que le profit actualisé soit égal à V . L'auteur étudie ensuite le cas général. Il ne caractérise pas la solution optimale dans le cas général mais avance que dans la plupart des cas, la solution du problème est une solution "en coin". Si le problème vient essentiellement de (1), il faut choisir la largeur minimale et augmenter la durée du brevet. Si le problème vient essentiellement de (2), il faut choisir la largeur maximale et diminuer la durée du brevet.

Les deux études précédentes n'intégraient pas les efforts d'imitation de concurrents potentiels. Ce problème est analysé par Gallini (1992). Gallini (1992) suppose que les concurrents potentiels d'une firme disposant d'un brevet peuvent soit attendre que le brevet expire, pour acquérir sans coût la technologie de la firme et produire le bien, soit payer un coût K pour mettre au point une autre variété du bien ou une technologie substitut qui leur permettent de produire le bien sans enfreindre le brevet. La possibilité de développer un bien substitut modifie les caractéristiques du brevet optimal. Dans ce modèle, si la durée de vie du brevet est infinie, comme préconisé par Gilbert et Shapiro (1990) et, sous certaines conditions, par Klemperer (1990), les firmes concurrentes développent immédiatement un bien substitut. Une durée de vie trop longue du brevet ne dissuade pas les concurrents potentiels mais les encourage, au contraire, à entrer plus tôt sur le marché en développant de nouveaux procédés de fabrication ou de nouveaux biens. Il existe donc une borne supérieure à la durée du brevet au delà de laquelle les concurrents développent de nouveaux biens. Socialement, il est préférable de laisser les autres firmes accéder librement à la technologie de la firme

que de les forcer à payer un coût fixe K pour y accéder. Les autorités publiques ne choisiront donc jamais une durée de brevet qui incite les firmes concurrentes à développer un produit substitut. La durée optimale du brevet est donc calculée en arbitrant entre les distorsions dues au pouvoir de monopole de la firme protégée et ses incitations à développer des innovations. Cette durée ne peut cependant pas dépasser la durée à partir de laquelle les autres firmes imitent le produit. Cette durée ne peut non plus être trop faible, car la firme choisirait alors de ne pas déposer de brevet et préférerait garder secrète sa technologie. Cette dernière ne serait alors découverte par les autres firmes qu'avec une probabilité inférieure à 1.

Les autorités publiques peuvent choisir d'autres caractéristiques du brevet que sa seule durée. Elles peuvent aussi choisir la "largeur" du brevet. Cette largeur peut influencer la valeur de K , ou réduire les profits des firmes concurrentes en cas d'imitation. Gallini (1992) montre alors que les autorités publiques choisissent la durée du brevet qui correspond au meilleur arbitrage entre les distorsions de monopole et les incitations à innover données à la firme et qu'elles choisissent ensuite une "largeur" du brevet suffisante pour dissuader l'imitation du bien avant l'expiration du brevet. Contrairement aux études précédentes, Gallini (1992) préconise donc des brevets les plus "larges" possibles et de durées courtes.

Van Dijk (1995) considère un modèle inspiré de celui de Klemperer (1990). Il suppose que la firme fournit le bien sur deux marchés segmentés de type Hotelling. Les autorités publiques peuvent autoriser la firme à fixer un prix différent sur chacun de ces marchés (discrimination au troisième degré) ou au contraire obliger la firme à fixer le même prix sur les deux marchés. L'auteur montre que si la largeur du brevet est différente sur les deux marchés, alors il est socialement préférable de laisser la firme discriminer par les prix. La discrimination par les prix introduit une distorsion supplémentaire mais elle permet à la firme d'augmenter ses profits. Si les autorités publiques laissent la firme discriminer par les prix, elles peuvent lui procurer le montant V en réduisant la distorsion totale.

9.2 Innovations cumulatives

Dans beaucoup d'industries les innovations sont cumulatives. La plupart des innovations ne consistent pas à créer un bien entièrement nouveau mais à améliorer des biens ou des procédés déjà existants. Un procédé de synthèse de nouvelles molécules peut, par exemple, être utilisé dans la fabrication de plusieurs médicaments. De même, les logiciels sont rarement parfaits et ils sont régulièrement améliorés. Les innovations s'appuient donc généralement sur des connaissances pre-existantes et des innovations antérieures. Scotchmer (1991) illustre cette idée par une citation qu'elle attribue⁴³ à Newton : *"If I seen far, it is by standing on the*

⁴³Cette métaphore semble cependant être due à Bernard de Chartres (XII^{ème} siècle), qui comparait les philosophes du Moyen-Age à ceux de l'Antiquité.

"Nous sommes des nains juchés sur les épaules des géants. Nous voyons ainsi davantage et plus loin qu'eux, non parce notre vue est plus aigüe ou notre taille plus haute, mais parce qu'ils nous portent en l'air et nous élèvent de toute leur hauteur gigantesque [...]" Bernard de Chartres, cité par Jacques Le Goff (1957), *Les intellectuels au Moyen Age*, Editions du Seuil, p 17 (dans l'édition de "poche", 1985).

"Nous sommes des nains montés sur les épaules de géants : nous voyons plus qu'eux, et de plus loin ; ce n'est pas tellement que notre regard soit perçant, ni élevée notre taille ; mais leur stature gigantesque nous élève, nous exhausse", cité par Jean Jolivet (1969), *La philosophie médiévale en Occident*, in *Histoire de la philosophie*, vol 1, Brice Parain (éditeur), Encyclopédie

shoulders of giants". Certaines de ces innovations antérieures peuvent cependant encore être protégées par des brevets. Il faut donc organiser le système de protection de la propriété intellectuelle de façon à rémunérer les inventeurs des premières innovations tout en encourageant de nouveaux inventeurs à améliorer les biens issus de ces premières innovations.

Scotchmer (1991) a exposé le problème en présentant les questions posées et les réponses possibles. Elle a avancé que les solutions ne pouvaient être que des compromis et qu'il n'y avait probablement pas d'outils permettant de résoudre parfaitement le problème. Il existe notamment un arbitrage à réaliser entre les incitations à innover données à la première génération d'inventeurs et celles données à la seconde génération. Si la première génération d'innovations est protégée par des brevets, alors les inventeurs de seconde génération ne peuvent exploiter leurs innovations qu'avec l'accord des détenteurs de brevet de première génération. Cependant, si les négociations entre les deux inventeurs n'interviennent qu'après la mise au point des innovations, alors les coûts de R&D ont déjà été payés et les inventeurs de seconde génération sont soumis à un problème de *hold-up*. Une partie du gain générée par la seconde innovation va être captée par les inventeurs de première génération. Dans ce cas, les incitations à réaliser des améliorations de seconde génération peuvent être trop faibles. Pour que ces incitations soient optimales, les inventeurs de seconde génération devraient pouvoir capter l'intégralité du surplus généré par leurs améliorations. Cependant, pour que les incitations à innover lors de la première innovation soient optimales, elles doivent couvrir les gains dus à l'exploitation de la première innovation mais aussi les externalités positives sur la possibilité de découvrir des innovations ultérieures. Il est donc impossible de fournir simultanément des incitations optimales aux deux générations d'inventeurs. Scotchmer (1991) propose de contourner les problèmes de hold-up en créant des Joint-Ventures entre les innovateurs de première génération et les innovateurs de seconde génération avant que les dépenses de R&D de seconde génération soient engagées. Ces accords peuvent cependant générer des coûts de transaction très élevés. Scotchmer (1991) pose aussi la question du degré de coopération socialement acceptable entre les deux générations d'inventeurs sur le marché des produits. Si les deux firmes se livrent une concurrence intense sur le marché des produits, les profits joints sont faibles ce qui diminue les incitations à innover lors de la seconde génération. En revanche, si les firmes peuvent faire de la collusion, les profits à partager entre les deux générations d'inventeurs sont plus élevés et les incitations à innover plus fortes. Il existe donc des liens potentiels entre la politique d'incitation à l'innovation et la politique de la concurrence.

La contribution de Scotchmer (1991) était uniquement littéraire. Les études suivantes ont formalisé le problème et ont approfondi l'étude des différentes organisations possibles.

Chang (1995) considère un modèle à deux périodes. Lors de la première période, la firme 1 peut investir un montant c_1 pour mettre au point un bien. Les consommateurs accordent une valeur v_1 à ce bien. Lors de la seconde période, si le bien a été développé par la firme 1 à la période 1 et uniquement dans ce cas, la firme

de la Pléiade, Gallimard. Page 1314.

En fait, Bernard de Chartres n'a pas laissé d'écrits et il n'est connu que par les écrits de son élève, Jean de Salisbury. La citation ci-dessus se trouve dans le chapitre 4 du livre 3 du *Metalogicon* de Jean de Salisbury.

2 peut payer un montant c_2 pour améliorer le bien. Les consommateurs évaluent cette amélioration à une valeur v_2 . Le coût marginal de production de chacune des variétés des biens est normalisé à 0. Si la firme 2 ne développe pas l'innovation, la firme 1 continue de vendre le bien de première génération au prix v_1 . Si les deux firmes peuvent produire le bien et si elles entrent en concurrence, elles se livrent une concurrence en prix, la firme 1 fixe un prix égal à 0 et la firme 2 choisit un prix égal à v_2 . Initialement, c_2 et v_2 sont des variables aléatoires. Leurs vraies valeurs ne sont connues qu'au début de la période 2. Les distributions de ces deux valeurs sont indépendantes. Les autorités publiques doivent définir, avant le début de la première période, les règles sur le partage des gains entre les firmes en période 2, ainsi que les règles sur le degré de collusion acceptable en période 2. Le partage des gains peut dépendre des valeurs de v_1 et de v_2 , mais pas de celles de c_1 et de c_2 , qui ne sont pas observables par les tribunaux. L'auteur étudie d'abord le partage optimal. Il montre que la politique optimale attribue à la firme 1 une espérance de gain inférieure au surplus social que son innovation génère. L'auteur montre que la part α des gains de seconde période attribuée à la firme 2 si elle développe l'innovation dépend de v_1 et de l'espérance de v_2^2 mais pas de la véritable valeur de v_2 . Cette part α est une fonction croissante de v_1 . Si v_1 est faible, la première innovation n'a que peu de valeur en elle-même. Elle est cependant indispensable pour pouvoir développer la seconde innovation. Pour inciter la firme 1 à développer le bien, il faut lui promettre une part importante du gain potentiel si la seconde innovation est développée. En revanche, si v_1 est élevée, le gain obtenu par la firme 1 lors de la première période lui donne déjà de fortes incitations à développer le bien. Il n'est donc pas nécessaire de renforcer beaucoup les incitations données à cette firme et la priorité est de donner des incitations à améliorer le bien à la firme 2. Il convient donc de donner à α une valeur élevée.

Chang (1995) suppose ensuite que cette politique ne peut pas être mise en place. Les autorités publiques ne peuvent pas imposer n'importe quel partage des gains en seconde période. Les autorités publiques doivent se limiter à deux décisions. Premièrement, elles doivent décider quelles valeurs de v_2 enfreignent le brevet accordé à la première invention. Deuxièmement, elles doivent autoriser ou non les firmes à faire de la collusion. Si la seconde invention enfreint le brevet accordé à la première, alors la firme 2 ne peut pas produire le bien sans obtenir une licence de la firme 1. De même, la firme 1 ne peut produire le bien "amélioré" que si la firme 2 lui accorde une licence. Elle peut cependant toujours produire la version initiale du bien. Dans le cas où le brevet est enfreint, l'autorisation ou non de la collusion n'affecte pas le résultat. Les firmes peuvent obtenir le profit de monopole sans que la collusion soit autorisée. Il suffit que la firme 2 accorde une licence à la firme 1 et que la firme 1 refuse d'en accorder une à la firme 2. L'auteur suppose que le partage des gains entre les firmes est le résultat d'un jeu de marchandage dans lequel les deux firmes ont le même pouvoir de négociation. Il en résulte que le gain de la firme 1, en seconde période, est égal à $v_1 + \frac{1}{2}v_2$ et celui de la firme 2 est égal à $\frac{1}{2}v_2$. La firme 2 ne reçoit donc que la moitié de la valeur sociale de son innovation. Elle a donc trop peu d'incitation à innover et elle peut ne pas développer des innovations socialement profitables si la valeur de c_2 est telle que $v_2 \geq c_2 \geq \frac{1}{2}v_2$. Pour éviter ce problème, les autorités publiques peuvent décider que si v_2 est suffisamment importante alors la seconde innovation n'enfreint pas le brevet accordé

à la première. La seconde innovation est suffisamment importante pour qu'on puisse considérer qu'il s'agit d'un autre bien. Dans ce cas, si la collusion est interdite, en seconde période la firme 2 reçoit v_2 et la firme 1 ne reçoit rien. Si les firmes sont autorisées à s'entendre pour fixer le prix de monopole, le partage des gains résulte d'un jeu de marchandage. La firme 1 reçoit alors $\frac{1}{2}v_1$ et la firme 2 reçoit $\frac{1}{2}v_1 + v_2$. Ce cas peut cependant entraîner une distorsion qui n'avait pas été notée par Scotchmer (1991). La firme 2 peut avoir trop d'incitation à innover et peut développer des innovations qui ne sont socialement pas profitables pour obliger la firme 1 à partager ses gains de monopole avec elle. Cela se produit si $\frac{1}{2}v_1 + v_2 \geq c_2 \geq v_2$. L'auteur montre que les autorités publiques vont fixer une valeur seuil $\tilde{v}_2(v_1)$. Au-dessous de cette valeur, l'innovation est considérée comme faible et elle enfreint le brevet ; au-dessus de cette valeur, l'innovation est considérée comme importante et elle n'enfreint pas le brevet. La valeur seuil $\tilde{v}_2(v_1)$ est une fonction non monotone de v_1 . Lorsque v_1 est faible, $\tilde{v}_2(v_1)$ est une fonction décroissante de v_1 . Lorsque v_1 est proche de 0, $\tilde{v}_2(v_1)$ est proche de la valeur maximale de la distribution de v_2 . Dans cette zone, les gains de première période n'incitent pas beaucoup la firme 1 à développer l'innovation. Il faut donc lui promettre une part importante des gains de seconde période. Lorsque la valeur de v_1 est faible, il est optimal d'autoriser la collusion lorsque l'innovation v_2 n'enfreint pas le brevet. Lorsque la valeur de v_1 est plus élevée, il est préférable d'interdire la collusion. Lorsque v_1 est élevée, $\tilde{v}_2(v_1)$ est une fonction croissante de v_1 . Lorsque la valeur de v_1 est élevée par rapport à v_2 , il est préférable de concentrer les incitations à innover sur la firme 1. Des améliorations socialement profitables ne seront alors pas développées par la firme 2 qui reçoit peu d'incitations mais cette perte potentielle est faible par rapport au risque que la première innovation ne soit pas développée. Les brevets accordés aux innovations de première période doivent donc être "larges" lorsque la valeur de v_1 est extrême, faible ou élevée, et être moins "large" lorsque la valeur de v_1 est intermédiaire.

Green et Scotchmer (1995) étudient une problématique proche mais ils introduisent la possibilité pour les firmes 1 et 2 de passer un accord de partenariat avant que la firme 2 ne débute son programme de développement de la seconde innovation. Dans ce cas, en l'absence d'asymétrie d'information, les améliorations qui génèrent suffisamment de profit sont toujours entreprises. En revanche, l'accord entre les deux firmes intervient après que la firme 1 a complété son programme de R&D de première période. A ce moment, le coût c_1 a déjà été payé et le résultat de la négociation ne dépend pas de ce coût. La firme 1 est donc encore soumise à un problème de hold-up. Le problème devient donc essentiellement de fournir suffisamment d'incitations à la firme 1. Les hypothèses sont assez proches de celles du modèle précédent. Les auteurs supposent, cependant, que $v_1 = 0$. Cette hypothèse renforce le problème d'incitation de la firme 1. Les autorités publiques doivent donc trouver le système de brevet qui transfère un maximum de profit à la firme 1. Les auteurs montrent d'abord que le timing du jeu entraîne que la firme 2 est toujours capable d'obtenir un gain strictement positif lors de la négociation de l'accord ex-ante. Il en résulte que le gain de la firme 1 est inférieur au profit joint des firmes. Une conséquence de ce résultat est que, si les autorités publiques veulent fixer une durée de brevet qui permette juste aux firmes de récupérer leurs coûts de recherche, cette durée est plus grande si les deux innovations sont réalisées par deux firmes différentes que si elles sont réalisées par la même firme.

Les auteurs montrent ensuite que le système de brevet influence la division du profit entre les deux firmes lors de la négociation d'un partenariat de recherche. En effet, si les firmes échouent à trouver un accord, la firme 2 peut développer seule la seconde innovation et après sa mise au point, elle peut négocier l'obtention d'une licence de production auprès de la firme 1. Les conditions de cette seconde négociation dépendent du système de brevet. Le "point de menace", et donc le partage des gains, lors de la première négociation dépendent donc du système de brevet. Les auteurs montrent que si v_2 et c_2 sont parfaitement connus lors de la négociation d'un accord de partenariat *ex ante* alors le brevet optimal a une largeur maximale. Toutes les valeurs possibles de v_2 enfreignent le brevet. Donc, quelque soit la taille de la seconde innovation, la seconde firme doit obtenir une licence de la firme 1 ou passer un accord de partenariat avec elle. Elle doit donc toujours transférer à la firme 1, une partie des gains de la seconde innovation. La largeur maximale du brevet est celle qui permet de transférer le maximum de profit vers la firme 1 et donc celle qui donne le plus d'incitations à la firme 1 pour développer la première innovation. En revanche, si v_2 demeure aléatoire jusqu'à ce que le coût c_2 ait été entièrement payé, donc jusqu'à ce que le programme de R&D soit achevé, alors le brevet optimal n'a plus une largeur maximale. En effet, si les deux firmes n'arrivent pas à se mettre d'accord sur un accord de partenariat, dans le jeu de continuation, la firme 2 peut renoncer à développer la seconde innovation si le brevet est trop large. En effet, si le brevet est très large, dans tous les cas, elle devra obtenir ex post une licence de la firme 1 et devra donc lui abandonner une part importante des profits. L'espérance des profits de la firme 2 peut alors être inférieure à c_2 et la firme 2 peut abandonner le projet. Si les autorités publiques réduisent la taille du brevet, alors pour certaines valeurs de v_2 , la firme 2 pourra produire le bien sans obtenir de licence de la firme 1. L'espérance de profit de la firme 2, dans le jeu de continuation, est donc une fonction décroissante de la largeur du brevet. Il faut donc limiter la largeur du brevet pour inciter la firme 2 à continuer le projet dans le jeu de continuation. Augmenter le profit de la firme 2 dans le jeu de continuation va permettre à la firme 1 de renforcer son pouvoir de négociation. En effet, si la firme 2 abandonne le projet dans le jeu de continuation, en cas de rupture des négociations, les deux firmes obtiennent un gain nul. Si, au contraire, la firme 2 poursuit le projet dans le jeu de continuation, l'espérance de gain des deux firmes est positive et l'espérance de gain de la firme 1 est supérieure à celle de la firme 2. Ce second point de menace est préférable au premier pour la firme 1. Le brevet optimal est donc celui dont la largeur est telle que la firme 2 a une espérance de profit nul dans le jeu de continuation si elle poursuit seule le projet. La largeur optimale du brevet n'est alors pas infinie.

Les auteurs discutent ensuite les interactions entre la politique de l'innovation et la politique de la concurrence. Ils s'interrogent notamment sur les conditions requises pour qu'il soit socialement optimal de laisser les firmes passer des accords de partenariat ou de licences qui leur permettent de monopoliser le marché après la seconde innovation, plutôt que de les contraindre à se faire concurrence. Si les firmes sont contraintes de se comporter comme un duopole alors la durée des brevets doit être plus importante que si les firmes peuvent se comporter comme un monopole. Le modèle ne comporte pas suffisamment d'hypothèse pour calculer s'il est socialement si des distorsions plus faibles pendant une longue période sont préférables

à des distorsions élevés pendant une période plus courte.

Scotchmer (1996) modifie légèrement le modèle précédent en supposant qu'il y a 2 firmes qui peuvent développer la seconde innovation lors de la seconde période. L'introduction d'une seconde firme peut réduire le pouvoir de négociation de la firme 1 lors de la recherche d'un accord de partenariat. Pour supprimer ou réduire cet effet, il peut être socialement préférable de ne pas permettre de déposer de brevet sur les innovations de la seconde période. Au début de la période 2, la firme 1 est tentée de mettre les deux autres firmes en concurrence et de passer un accord de partenariat uniquement avec celle qui est prête à lui céder la part de profit la plus importante. Le problème avec cette stratégie vient du fait que la firme qui a été écartée de l'accord de partenariat ne renonce pas nécessairement à développer la seconde innovation. Cette firme peut tout de même développer la seconde innovation et essayer de terminer le développement avant le consortium composé des deux autres firmes. Elle y parvient avec une probabilité $1/2$. Elle peut alors déposer un brevet sur cette innovation et obliger les deux autres firmes à négocier avec elle un accord de licence. Si les firmes suivent ces stratégies, les coûts de développement de l'innovation de seconde période sont dupliqués. La firme 1 est donc contrainte lors de la négociation ex ante de passer un accord de partenariat avec les deux autres firmes pour éviter la duplication des coûts de développement. Son pouvoir de négociation est alors réduit. En revanche, si les autorités publiques n'autorisent pas à déposer de brevet sur les innovations de seconde période, une firme qui a été écartée de l'accord de partenariat n'a aucun intérêt à développer la seconde innovation. Cette seconde innovation ne lui permet pas de produire le bien puisqu'elle n'obtient pas de licence sur la première innovation et elle ne peut pas vendre la seconde innovation au consortium issu de l'accord de partenariat puisque celui-ci l'a développée en interne. Une firme écartée de l'accord de partenariat abandonne donc le projet et obtient un gain nul. En l'absence de brevet sur la seconde génération d'innovation, la firme 1 peut mettre les deux autres firmes en concurrence pour signer un partenariat avec elle et extraire la quasi-totalité des gains. Comme le problème dans ce modèle est de donner un maximum d'incitations à la firme 1, interdire les brevets sur la seconde génération d'innovations est la politique optimale pour les autorités publiques.

La possibilité de passer des accords de partenariat avant d'engager les dépenses de recherche liées à la seconde innovation et le fait que ces accords règlent totalement les problèmes de holdup dépendent beaucoup du fait que l'information dans les modèles précédents était parfaite. S'il existe des asymétries d'information entre les deux firmes, la négociation de ces partenariats peut devenir problématique. Bessen (2004) analyse ce problème. Il reprend une structure assez proche de celles des modèles précédents. Mais il suppose qu'au début de la seconde période, seule la firme 2 observe c_2 . La firme 1 ne peut pas observer c_2 , même après que ce programme de recherche a été totalement complété. En revanche, les deux firmes observent v_2 . L'auteur modifie aussi d'autres hypothèses. Il suppose (1) $v_1 > 0$, (2) le contrat de partenariat est proposé par la firme 1 et la firme 2 se limite à l'accepter ou à le rejeter et (3) si l'accord de partenariat est rejeté et si un accord de licence est passé ex-post ce contrat oblige la firme 2 à verser sv_2 à la firme 1, où s est fixé par les autorités publiques. En cas de désaccord sur les clauses de l'accord de partenariat, la firme 2

peut renoncer à développer des innovations rentables si $sv_2 > v_2 - c_2 > 0$. L'asymétrie d'information ne permet donc plus de développer toutes les innovations socialement rentables. Lorsque la firme 1 propose un accord de partenariat, elle sait que si elle demande une rémunération supérieure à sv_2 , la firme 2 rejettera automatiquement son offre. Elle peut ne pas proposer d'accord ou demander une rémunération plus faible que sv_2 . En demandant une rémunération plus faible, elle augmente la probabilité que l'innovation de seconde génération soit développée. La firme 1 demande une rémunération plus faible si s dépasse un certain seuil. La firme 2 accepte ce contrat si la rémunération demandée est inférieure à $v_2 - c_2$. Sinon, elle rejette l'accord et abandonne son programme de recherche. Si la firme 1 ne souhaite pas demander une rémunération inférieure à sv_2 , les firmes ne passent pas d'accord de partenariat et la firme 2 développe la seconde innovation si et seulement si $v_2 - c_2 \geq sv_2$. L'auteur suppose ensuite que les autorités publiques choisissent la valeur de s qui maximise l'espérance du surplus social, en ne connaissant que les distributions de probabilité de c_1 et de c_2 . En augmentant (diminuant) s , elles augmentent (diminuent) la probabilité que la première innovation soit développée, mais elles diminuent (augmentent) la probabilité que la seconde innovation soit développée. L'auteur montre que la valeur de s retenue par les autorités publiques est telle que la firme 1 n'a pas intérêt à demander une rémunération inférieure à sv_2 et donc aucun accord de partenariat n'est passé.

Crampes (1995??)

9.3 Degré de validité des brevets

Ci-dessus on a supposé que, si une firme obtient un brevet, le brevet permet à la firme d'empêcher ses concurrents de produire le bien ou permet d'obtenir réparation devant un tribunal. En pratique, les choses sont un peu plus compliquées. Même si une firme détient un brevet, ses concurrents peuvent contester sa validité devant la justice. Il est possible pour un concurrent de faire invalider un brevet par un tribunal en avançant *ex post* que l'invention n'était pas nouvelle ou était évidente. Lemley et Shapiro (2005) avancent que ce type de contestation est fréquent aux USA. Les firmes vont cependant rarement jusqu'au procès, car les litiges sont souvent réglés par des arbitrages. Lorsqu'un procès a lieu, les brevets sont invalidés dans presque un cas sur deux. Lemley et Shapiro (2005) avancent donc l'idée que les brevets devraient être modélisés non comme un droit de protéger une invention, mais comme un droit d'intenter une action en justice contre une firme concurrente utilisant une invention. Le résultat de l'action étant aléatoire. Les auteurs parlent de *probabilistic patents*.

Une des raisons de cette incertitude sur la validité des brevets tient à l'organisation de leur délivrance. L'organisme chargé de l'examen des dossiers aux USA reçoit environ 350.000 demandes par an et accorde environ 200.000 brevets. Les fonctionnaires chargés de traiter les dossiers consacrent, en moyenne, environ 16 heures à l'analyse d'un dossier. Renforcer les moyens de cet organisme pourrait permettre de mieux détecter les demandes infondées et de réduire les litiges *ex post*. Lemley et Shapiro (2005) notent cependant qu'une très grande partie des brevets déposée ne présente aucun intérêt commercial. Il n'est donc pas forcément

social optimal de consacrer beaucoup plus de moyens à analyser ces demandes alors qu'ils estiment à environ 1,5% du total, les brevets pour lesquels il y a de réels enjeux économiques. Les auteurs notent que, comme les brevets sont accordés à la première firme qui dépose une demande, les firmes choisissent souvent de faire des demandes à des stades très précoces du processus de R&D. A ces stades, l'invention n'est pas encore toujours finalisée et ses applications sont encore incertaines. Les auteurs discutent des réformes possibles du système d'attribution des brevets.

9.4 Propriété intellectuelle du vivant

Blakeney (2011) présente une courte revue des évolutions récentes de la propriété intellectuelle dans l'agriculture et dans l'industrie agroalimentaire.

Traditionnellement, il était possible de protéger l'invention d'une nouvelle variété de plante. La protection couvrait la vente des graines mais les agriculteurs ayant acquis des graines et fait pousser la plante avaient le droit de conserver des graines de la plante qu'ils avaient cultivée pour leur propre usage afin de cultiver à nouveau la plante l'année suivante. En revanche, ils n'avaient pas le droit de vendre les graines qu'ils avaient récoltées.

Les firmes de biotechnologie sont en train de faire évoluer le droit. Elles cherchent à étendre la protection des plantes OGM qu'elles développent en déposant des brevets et n'ont plus en se contentant des lois PVR (*plant variety rights*). Les brevets permettent de supprimer la possibilité pour les agriculteurs de conserver une partie des graines récoltées pour les planter l'année suivante. Pour rendre l'interdiction de replanter opérante, certaines firmes de biotechnologie ont développé des procédures de stérilisation des plantes. Les graines que les plantes donnent ne permettent plus d'obtenir de nouvelles plantes. On parle de technologies GURTs (*Genetic Use Restriction Technologies*). Les firmes vendant les graines présentent parfois cette stérilisation comme un moyen d'éviter que les plantes OGM ne se disséminent dans les champs voisins à cause du vent. Mais, il semble que ce soit aussi une stratégie pour s'assurer le monopole sur les graines.

Comme la plupart des plantes OGM sont développées par un tout petit nombre de firmes, le pouvoir de marché de ces firmes et leur influence dans le secteur agricole ont tendance à augmenter et pourraient devenir problématique. Une étude citée par Blakeney (2011) attribue à Monsanto le contrôle sur plus de 90% des graines de plantes OGM.

10 Gestion des brevets

Une firme qui a mis au point une nouvelle invention ne choisit pas toujours de la breveter. Un brevet permet de protéger l'invention, mais la protection n'est pas toujours parfaite et une firme peut préférer le secret comme moyen de protection⁴⁴.

⁴⁴Par exemple, la formule du Coca-Cola n'a jamais fait l'objet d'une demande de brevet.

Lemley et Shapiro (2005) soulignent qu'obtenir un brevet ne garantit pas à la firme que ce brevet sera jugé valide par un tribunal. Les firmes concurrentes peuvent contester la validité d'un brevet en avançant que l'invention n'en est pas vraiment une ou qu'elle était évidente (et donc non brevetable). Donc, si une firme s'estime victime d'une infraction à un de ses brevets, elle n'a pas de garantie d'obtenir un jugement en sa faveur si elle engage une action en justice. En outre, les actions en justice sont coûteuses. Les firmes doivent donc choisir si elles souhaitent ou non engager des procédures judiciaires en cas d'infraction. Elles doivent aussi choisir le niveau de leurs efforts pour détecter les infractions à leurs brevets.

10.1 Breveter ou non une innovation

Breveter une invention n'est pas toujours le meilleur moyen de se protéger de l'imitation des firmes concurrentes. Lors du dépôt de brevet, la firme doit communiquer la description de son innovation et fournir des informations techniques sur le procédé de fabrication et les caractéristiques de son produit. Ces informations sont rendues publiques et elles peuvent être consultées par des firmes concurrentes. Les firmes concurrentes peuvent utiliser ces informations pour innover "autour" du brevet ou produire le même bien dans un pays où le droit de la propriété intellectuelle est plus difficile à faire respecter. Une firme peut donc préférer ne pas déposer de brevet et conserver son innovation secrète.

10.1.1 Signaler un coût faible ou cacher sa technologie

Anton et Yao (2004) ont développé un modèle où une firme choisit de breveter son innovation ou de la conserver secrète. Le modèle comprend deux firmes se livrant une concurrence à la Cournot. Initialement, les deux firmes ont un coût marginal constant égal à \bar{c} . Le modèle comprend trois étapes. Lors de la première, l'une des firmes mène un programme de R&D pour réduire son coût de production. Le résultat de ce programme est modélisé par le tirage au sort d'un coût unitaire c dans l'intervalle $[0, \bar{c}]$. La firme prend alors deux décisions. Premièrement, elle décide de breveter ou non son innovation. Deuxièmement, elle choisit le niveau d'information, s , qu'elle souhaite rendre public (en protégeant éventuellement cette information grâce à un brevet). Ce niveau d'information permet à une firme extérieure de produire avec un coût marginal $s \geq c$. Lors de la deuxième étape, la seconde firme observe le niveau d'information s rendu public mais pas la véritable valeur de c . La seconde firme observe aussi si les connaissances divulguées sont ou ne sont pas protégées par un brevet. Si les connaissances ne sont pas protégées, la seconde firme peut les utiliser et son coût unitaire de production devient égal à s . Si les connaissances sont protégées par un brevet, la seconde firme doit décider si elle souhaite les utiliser et enfreindre le brevet ou si elle préfère conserver son coût unitaire initial. La seconde firme ne peut jamais utiliser des connaissances qui n'ont pas été divulguées. Lors de la troisième étape, les firmes se livrent une concurrence à la Cournot. A la fin de la troisième étape, la première firme assigne la seconde en justice si cette dernière a violé le brevet de la première. L'infraction débouche sur une condamnation avec une probabilité γ . En cas de condamnation, la seconde firme doit verser à la première des dommages et intérêts égaux à τpq_2 (où p est le prix d'équilibre et q_2 la quantité

produite par la seconde firme). Les dommages sont donc égaux à un pourcentage du chiffre d'affaires de la firme ayant enfreint le brevet.

Dans ce modèle, l'arbitrage que la première firme doit résoudre est le suivant. D'un côté, elle souhaite empêcher la seconde firme d'utiliser sa technologie et elle souhaite donc dissimuler son innovation. Mais, d'un autre côté, la première firme souhaite signaler à la seconde firme que son coût de production est faible afin d'inciter cette dernière à réduire sa propre production. Divulguer une partie de l'innovation va permettre à la première firme de signaler son coût unitaire de production. Les auteurs recherchent un équilibre séparableur. La stratégie de signal choisie par la firme innovante dépend de l'ampleur de son innovation. Si l'innovation est faible (c proche de \bar{c}), la firme innovante divulgue totalement son innovation, $s = c$, mais protège les connaissances divulguées par un brevet (déposer un brevet n'entraîne pas de coût). La firme 2 observe le niveau de coût de la firme 1 et décide de ne pas enfreindre le brevet car la réduction de coût est trop faible pour justifier le risque d'être condamnée à payer des dommages. Si l'innovation est plus importante, la seconde firme a intérêt à enfreindre le brevet. La baisse de coût justifie le risque de condamnation. La première firme anticipe que le brevet ne sera pas respecté. Elle choisit alors de ne divulguer qu'une partie de son innovation : $s > c$. Dans cette zone, s est une fonction décroissante de c . Accepter que la firme 2 utilise une partie de l'innovation constitue le coût qui permet à la firme 1 de signaler de façon crédible son coût unitaire. Lors de la phase de concurrence à la Cournot, la firme 2 a un coût de production égal à s mais elle prend aussi en compte que les dommages qu'elle devra éventuellement payer sont proportionnels à sa production. Elle réduit donc sa production pour tenir compte de cet effet. De son côté, la firme 1 prend en compte dans son choix de production qu'un prix d'équilibre plus élevé va accroître les dommages qu'elle recevra si la firme 2 est condamnée. La firme 1 va donc légèrement réduire sa production pour tenir compte de cet effet. Le système de brevet de dommages fonctionne un peu comme un système de licence⁴⁵, la firme 2 peut utiliser la technologie divulguée mais contre un paiement. Si l'innovation est très importante (c proche de 0), la firme 1 va renoncer à déposer un brevet. Avec le signalement au travers d'un brevet, la firme doit accepter de divulguer un montant de connaissance élevé. Or, la différence de coût entre les deux firmes devenant élevée, les dommages en cas de condamnation deviennent faibles car la firme 2 produit peu. La firme 1 choisit donc un autre mode de signalement. Elle divulgue moins de connaissance mais ne les protège plus par un brevet. Elle renonce donc à percevoir des dommages ce qui accroît le coût du signal, ce qui en contrepartie lui permet de signaler le même niveau de coût en divulguant moins d'information. Le message principal du modèle est donc que les petites innovations sont protégées par des brevets tandis que les grandes innovations sont protégées par le secret.

Un résultat annexe du modèle est qu'il existe une zone où en information complète l'innovation d'une firme est drastique et lui permet d'inciter sa concurrente à ne pas produire et à quitter le marché. Cependant, le modèle étant en information incomplète, la firme innovante doit divulguer une partie de son procédé de fabrication afin de signaler que son coût est très faible. Cette divulgation permet à la firme 2 de réduire son

⁴⁵Passer un vrai contrat de licence est exclu par hypothèse (pour des raisons d'*antitrust*).

coût unitaire de production et de ne pas être totalement exclue du marché. Dans le modèle avec information incomplète, aucune innovation n'est drastique. La firme 2 n'est jamais incitée à quitter le marché, même si la firme 1 obtient $c = 0$.

10.1.2 Corrélation des projets de recherche

Dasgupta et Maskin (1987) ont montré que les firmes pouvaient choisir des projets de recherche trop corrélés du point de vue social. Bulut et Moschini (2006) ré-examinent cette question lorsque les firmes peuvent breveter leur innovation ou la conserver secrète. Le modèle comprend deux firmes. Les firmes choisissent simultanément une variable a qui détermine les caractéristiques de leur projet de recherche. La probabilité de réussite de leur projet est une fonction décroissante de a et la corrélation entre les probabilités de réussite des deux projets de recherche est une fonction décroissante de a . La maximisation du surplus social consiste à maximiser la probabilité qu'au moins une firme réussisse à développer l'innovation. Les firmes choisissent, cependant, l'action a qui maximise leur profit. En l'absence de système de protection, la corrélation entre les deux projets est plus élevée que le niveau socialement optimal. Les firmes choisissent donc des a trop faibles par rapport à l'optimum social. Le a choisi est une fonction croissante du gain obtenu par une firme lorsqu'elle est la seule à développer l'innovation et une fonction décroissante du gain obtenu par une firme lorsque les deux firmes innovent. Ces gains sont modifiés lorsqu'on introduit la possibilité pour les firmes de breveter leur innovation ou de conserver leur innovation secrète. Les auteurs montrent que lorsque les deux modes de protection de la propriété intellectuelle sont disponibles les firmes choisissent des a plus élevés que lorsque déposer un brevet est le seul mode de protection. Car l'introduction de la possibilité de garder l'innovation secrète augmente les gains relatifs obtenus par une firme innovant seule par rapport à ceux obtenus lorsque les deux firmes innovent. La possibilité de secret augmente donc le souhait des firmes d'être la seule firme à innover et les conduit à choisir des projets moins corrélés. Cette possibilité permet donc de réduire la distorsion entre les choix des firmes et les actions socialement optimales.

Voir aussi Denicolò et Franzoni (2004).

10.2 Faire respecter un brevet

10.2.1 Licence ou procès pour invalider un brevet

Meurer (1989) étudie les incitations de la firme détenant un brevet à rechercher un arbitrage ou à préférer un procès en cas de litige sur un brevet. L'auteur note que la plupart des litiges réglés par un accord à l'amiable se traduisent par la concession d'un accord de licence. Il choisit donc cette option de formalisation.

Le modèle est le suivant. Une firme détient un brevet sur une invention, mais il existe une incertitude sur la validité du brevet. Cette firme est menacée par un entrant potentiel, qui devra utiliser les connaissances décrites dans le brevet s'il souhaite entrer dans cette industrie. A l'étape 1, le détenteur du brevet fait une

proposition de contrat de licence à son concurrent potentiel. A l'étape 2, le concurrent potentiel accepte le contrat de licence proposé ou le rejette. S'il le rejette, il choisit entre renoncer à entrer dans l'industrie et attaquer la validité du brevet en justice. Si un procès a lieu, le juge confirme la validité du brevet avec probabilité $1 - \alpha$ et déclare le brevet non valide avec probabilité α . Si le juge a confirmé la validité du brevet, la firme détenant le brevet est en position de monopole et obtient un profit V_1 . Si le juge annule le brevet, les deux firmes se font concurrence et chacune gagne $V_0/2$. Par hypothèse, $V_1 > V_0$. Si un procès a lieu, chacune des deux firmes subit un coût de procédures judiciaires L . Le contrat de licence n'est pas explicitement détaillé. L'auteur suppose, cependant, que ce contrat peut comprendre des clauses (semblables à celles de la littérature sur les restrictions verticales) qui limitent la concurrence entre les firmes. Formellement, si un contrat de licence est signé, les profits de l'industrie sont égaux à : $V = hV_0 + (1 - h)V_1$, où h est un paramètre mesurant les restrictions imposées par la politique de la concurrence. L'offre de contrat de licence adressée par la firme détenant le brevet à sa concurrente potentielle stipule un montant S correspondant à la partie de V que la firme propose de laisser à sa concurrente potentielle.

L'auteur commence par étudier le cas où α est une connaissance commune des deux firmes. Généralement, les modèles avec information symétrique conduisent les parties à trouver un arrangement amiable sans aller jusqu'au procès⁴⁶, ce n'est pas nécessairement le cas ici car, à la différence des modèles classiques, la valeur devant être partagée peut diminuer si un accord est trouvée.

Si $L > \alpha V_0/2$, la menace de l'entrant potentiel d'attaquer le brevet en justice n'est pas crédible. La firme détenant le brevet choisit donc de ne pas proposer de contrat de licence ($S = 0$) et elle obtient le profit de monopole V_1 .

Si $L \leq \alpha V_0/2$, l'entrant potentiel conteste la validité du brevet devant un tribunal s'il n'obtient pas un accord de licence. La firme détenant le brevet a le choix entre proposer un accord de licence stipulant $S = \alpha V_0/2 - L$ (la firme sature la contrainte d'acceptation de sa concurrente) ou ne pas proposer d'accord et accepter un procès. Dans le premier cas, la firme détenant le brevet obtient un gain égal à $V - S = V - (\alpha V_0/2 - L)$. Dans le second cas, elle obtient un gain $V_1 - L$ avec probabilité $1 - \alpha$ et un gain $V_0/2 - L$ avec probabilité α . La firme détenant le brevet propose un accord de licence acceptable par sa concurrente si et seulement si :

$$V - \alpha V_0/2 + L \geq (1 - \alpha)(V_1 - L) + \alpha(V_0/2 - L) \Leftrightarrow V \geq (1 - \alpha)V_1 + \alpha V_0 - 2L$$

Si la politique de la concurrence est très restrictive, V est proche de V_0 . Dans ce cas, les firmes ne trouvent pas d'accord et un procès a lieu (malgré l'information symétrique) si L n'est pas trop élevé. Si la politique de la concurrence est très laxiste, V est proche de V_1 et les firmes passent un accord de licence (avec des clauses supprimant la concurrence et permettant d'obtenir le profit de monopole). Pour une politique de la concurrence constante, un accord à l'amiable est trouvé lorsque α est élevé et L est élevé (mais inférieur à $V_0/2$) ; un procès a lieu lorsque α est faible et L est faible et l'entrant renonce lorsque $L > \alpha V_0/2$.

⁴⁶Voir chapitre sur l'économie des procédures judiciaires.

L'auteur étudie ensuite une variante avec information asymétrique. La probabilité que le brevet soit invalide reste égale à α . Le détenteur du brevet apprend s'il est valide ou non au début du jeu tandis que l'entrant potentiel n'obtient pas cette information. Donc, lorsque le détenteur du brevet choisit de proposer ou non un contrat de licence à son concurrent potentiel, il sait si le brevet est valide ou non, tandis que son concurrent potentiel l'ignore. Ce jeu n'admet pas d'équilibre séparateur. L'auteur montre que le seul équilibre vérifiant le critère intuitif de Cho et Kreps est un équilibre semi-séparateur. Si la firme détenant le brevet sait qu'il est valide, elle ne propose jamais de contrat de licence ($S = 0$). Si la firme détenant le brevet sait qu'il n'est pas valide, elle joue une stratégie mixte. Elle propose aléatoirement $S = 0$ ou $S = \alpha V_0/2 - L$. L'entrant potentiel accepte les propositions stipulant $S = \alpha V_0/2 - L$. Si l'entrant potentiel reçoit une offre $S = 0$, il joue une stratégie mixte. Il choisit aléatoirement d'abandonner son projet d'entrer ou d'attaquer la validité du brevet en justice.

Les deux dernières sections de l'article sont consacrées à une analyse des propriétés de statiques comparatives du modèle et à une comparaison des règles américaines et anglaises d'attribution des frais judiciaires⁴⁷. Dans l'équilibre semi-séparateur, les différentes probabilités des différentes actions des joueurs dépendent des valeurs des paramètres du modèle et les ajustements de ces probabilités peuvent donner lieu à des propriétés de statiques comparatives un peu contre-intuitives et à des résultats ambigus. La comparaison des deux modes d'attribution des frais judiciaires porte essentiellement sur la probabilité qu'un procès ait lieu. L'auteur montre que le classement des deux règles en fonction de ce critère peut varier lorsque les valeurs des paramètres du modèle changent.

10.2.2 Poursuivre ou non une infraction à un brevet

Choi (1998) avance l'idée que poursuivre un concurrent pour avoir enfreint un brevet détenu par la firme peut avoir un coût stratégique. Les litiges sur la validité d'un brevet devant un tribunal ont souvent une issue incertaine. Or, perdre un procès de ce type peut inciter d'autres concurrents à imiter l'innovation de la firme. Ne pas poursuivre un entrant ayant enfreint un brevet de la firme peut contribuer à dissuader d'autres concurrents de l'enfreindre à leur tour.

Le modèle comprend une firme en place et deux entrants potentiels. Pour entrer dans l'industrie, il faut utiliser une technologie sur laquelle la firme en place dispose d'un brevet. La première version du modèle comprend deux périodes et le timing avec lequel les entrants potentiels prennent leur décision d'entrée est exogène. Au début de la période 1, le premier entrant potentiel, E_1 , décide d'entrer en payant un coût F ou de rester définitivement en dehors de l'industrie. Si E_1 est entré, la firme en place peut l'attaquer pour violation de son brevet. En cas de procès, la firme en place gagne avec une probabilité α . Si le tribunal déclare le brevet valide, E_1 doit quitter l'industrie. Si le tribunal déclare le brevet non-valide, chacune des deux firmes obtient le profit de duopole. Au début de la période 2, le second entrant, E_2 , décide de payer

⁴⁷ Avec la règle anglaise, le perdant paie l'ensemble des frais ($2L$) ; tandis qu'avec la règle américaine, chaque partie paie ses frais (L).

ou non F pour entrer dans l'industrie. E_2 n'entre jamais si un tribunal a déclaré le brevet valide en période 1. Si la firme en place n'a pas poursuivi E_1 en période 1, elle peut attaquer les entrants pour avoir enfreint son brevet lors de la dernière période. Le tribunal tranche en sa faveur avec probabilité α .

En période 2, la firme en place a toujours intérêt à poursuivre ses concurrents pour infraction à son brevet ; mais, ce n'est pas toujours le cas en période 1. En effet, si E_2 observe une décision négative du tribunal en période 1, il entre nécessairement dans l'industrie en période 2. En revanche, si le tribunal n'a pas tranché en période 1, il existe des valeurs de α pour lesquelles E_2 choisit de ne pas entrer. Il est donc possible de construire des cas dans lesquels E_1 entre en période 1 et où la firme en place attend la période 2 pour attaquer E_1 en justice car l'incertitude juridique dissuade E_2 d'entrer dans l'industrie.

On obtient donc les équilibres suivants. Si α est élevé, les entrants potentiels choisissent de ne pas entrer. Si α est faible, E_1 entre et la firme en place la poursuit. E_2 n'entre pas si le tribunal a déclaré le brevet valide et entre dans les autres cas (et notamment s'il n'y a pas eu de procès à la période 1). Si α est intermédiaire, E_1 entre. Pour certaines valeurs des paramètres, la firme en place poursuit E_1 aussitôt. Pour d'autres valeurs, la firme en place attend la période 2 pour poursuivre la firme 1 afin de dissuader l'entrée de E_2 .

Si cette dernière zone existe, alors les fonctions de profit de E_1 et de E_2 sont des fonctions non monotones de α . La stratégie de retarder les poursuites accroît le profit espéré de E_1 et diminue celui de E_2 .

L'auteur présente ensuite une seconde version du modèle en temps continu et où les dates d'entrée des entrants potentiels sont endogènes. Le modèle admet deux types d'équilibres selon la valeur des paramètres. Si α est élevé ou faible, la firme en place poursuit en justice la première firme qui entre juste après son entrée. Les deux entrants potentiels jouent un jeu d'attente. Chacun souhaite que ce soit l'autre qui entre en premier et qui lève l'incertitude juridique. Les firmes entrent à chaque instant avec une probabilité λ , qui est une fonction décroissante de α .

Pour α intermédiaire, il peut exister une zone où la firme en place ne poursuit pas le premier entrant, mais poursuit les deux entrants dès que le deuxième entre. Un seul entrant entre et les poursuites n'ont jamais lieu. La firme en place ne déclenche pas les poursuites afin de dissuader l'entrée de la seconde firme. Dans cette zone, les entrants jouent un jeu de pré-emption, l'un des entrants entre dès la date 0.

Si cette zone existe, l'espérance de profit de la firme en place est une fonction non monotone de α . Une implication de ce résultat est qu'une augmentation de α peut, dans certains cas, réduire les incitations d'une firme à faire de la R&D.

10.2.3 Effort de détection des infractions à un brevet

Crampes et Langinier (2002) notent qu'une infraction à un brevet ne se traduit pas automatiquement par sa détection et sa sanction. La firme qui possède un brevet doit détecter que son brevet a été enfreint, ce qui

n'est pas automatique, et doit ensuite apporter des preuves de l'infraction pour obtenir réparation, ce qui n'est pas non plus automatique.

Les auteurs supposent que la probabilité de détecter l'infraction et d'obtenir des preuves suffisantes pour une condamnation est une fonction $p(x)$, qui est une fonction croissante et concave du niveau d'efforts consenti par la firme détentrice du brevet. Le modèle comprend deux firmes : la firme H qui détient le brevet et un entrant potentiel, firme E. Le modèle comprend deux étapes. Lors de la première, les firmes choisissent simultanément : le niveau d'effort x pour la firme H et d'entrer ou non sur le marché pour la firme E. La firme E doit enfreindre le brevet de la firme H pour pouvoir entrer sur ce marché. Lors de la deuxième étape, si la firme H a détecté une infraction, elle choisit sa réaction entre les trois possibilités suivantes : ne pas poursuivre la firme E, trouver un accord avec la firme E en lui concédant une licence et poursuivre la firme E devant un tribunal pour obtenir une compensation. Si un procès a lieu, la firme E est condamnée et doit payer une amende F_T . La firme H ne reçoit que αF_T . Le montant $(1 - \alpha) F_T$ sert à rémunérer les avocats. Ce montant n'est pas le seul coût d'un procès. Les profits de duopole des deux firmes sont aussi réduits à cause de l'impact négatif du procès sur la réputation des deux firmes. Si la firme H recherche un accord amiable avec la firme E, elle doit commencer par payer un coût administratif F_S pour rédiger le contrat de licence. Les deux firmes négocient ensuite le prix de la licence en utilisant la règle de marchandage généralisé de Nash. L'arbitrage évite les frais d'avocats et la perte d'image, mais nécessite d'autres frais d'avocats pour être négocié et ratifié. Bien que le modèle ne comprenne pas d'asymétrie d'information, la firme H peut préférer un procès à un arbitrage si F_S est élevé et/ou si son pouvoir de négociation est faible. Si les coûts d'un arbitrage et d'un procès sont tous les deux élevés, la firme peut préférer ne pas engager de poursuite et renoncer à faire respecter son brevet, même si elle dispose de suffisamment de preuves pour faire condamner la firme E.

Après avoir caractérisé le comportement de la firme H lors de la seconde étape du jeu, les auteurs déterminent les équilibres de la première étape du jeu. Si F_T est très faible, la firme H renonce à poursuivre la firme E en cas d'infraction. Le montant qu'elle peut espérer obtenir αF_T en cas de procès est trop faible pour justifier la publicité négative d'un procès. En outre, si la firme E sait qu'elle ne sera poursuivie, elle n'a aucune incitation à accepter un arbitrage. Lorsque F_T est faible, E entre, H choisit $x = 0$ et elle ne poursuit pas E même si elle obtient suffisamment de preuves (les auteurs supposent $p(0) > 0$). Si F_T est plus élevé, la menace d'un procès devient crédible et la firme H peut défendre ses droits. Si F_S est élevé, la firme H va réellement préférer un procès à un accord d'arbitrage. Si F_T est très élevé, la firme E renonce à entrer et H choisit $x = 0$. L'espérance d'amende $p(0) F_T$ est suffisamment élevée pour dissuader l'entrée. Si F_T est plutôt faible, la firme E entre (avec probabilité 1) et la firme H la poursuit en justice si elle dispose de suffisamment de preuves pour la faire condamner. La firme H choisit la valeur de x en arbitrant entre les coûts des efforts de détection et les gains si elle parvient à faire condamner la firme E. Pour les valeurs intermédiaires de F_T , il n'existe pas d'équilibre en stratégies pures. Dans cette zone, si x est élevé, la firme E n'entre pas et la firme H n'a alors aucune raison de choisir x élevé ; si x est faible, la firme E entre et la firme

H a alors intérêt à augmenter x . Il n'existe donc pas d'équilibre en stratégies pures. A l'équilibre, les firmes jouent des stratégies mixtes. Si F_S est faible, on obtient des résultats similaires, mais les firmes passent un accord amiable au lieu d'aller au procès. Si F_T est élevé, la firme E choisit de ne pas entrer, car le prix de la licence sera élevé (il augmente avec F_T) et donc la firme E préfère ne pas courir le risque de se faire détecter en train d'enfreindre le brevet. Si F_T est faible, la firme E entre toujours et accepte de négocier un accord de licence si la firme H a suffisamment de preuves de l'infraction. Si F_T est intermédiaire, les firmes jouent des stratégies mixtes.

Les auteurs soulignent quelques résultats de statiques comparatives. La fréquence de l'entrée diminue en règle générale lorsque F_T augmente. Mais, la relation est monotone dans certaines zones, car l'augmentation de F_T peut faire basculer la réaction de H d'un procès vers un arbitrage. Or, les profits de la firme E sont plus élevés en cas d'arbitrage qu'en cas de procès. En règle générale, la fréquence de l'entrée diminue qu'en F_S augmente. Un F_S plus élevé augmente la probabilité que H opte pour un procès plutôt que pour un arbitrage, ce qui réduit l'espérance de profit de l'entrant. On peut, cependant, aussi avoir l'effet inverse. Une augmentation de F_S peut ne pas modifier la réaction de H en cas d'infraction au brevet, mais peut inciter H à réduire x . L'infraction de l'entrant est alors moins souvent découverte, ce qui augmente son incitation à entrer. La fréquence de l'entrée diminue quand α augmente. Une augmentation de α rend un procès plus crédible et permet d'obtenir un arbitrage plus favorable pour H et donc moins favorable pour E. L'effet du pouvoir de négociation relatif des firmes sur la fréquence d'entrée est ambiguë. La fréquence de l'entrée diminue quand $p(0)$ augmente.

Les auteurs étudient, dans une dernière section, des timing séquentiels. Avec ces timing, il n'existe plus de zones où les firmes jouent des stratégies mixtes. Les équilibres sont toujours en stratégies pures. Si la firme H choisit x avec que la firme E ne prenne sa décision d'entrée, la firme H peut bloquer l'entrée en augmentant x . Cela se produit notamment dans une grande partie de la zone où l'équilibre était en stratégies mixtes lorsque les choix étaient simultanés. Si la firme E choisit d'entrer ou non, avant que la firme H choisisse x , la firme E entre moins souvent que dans le jeu simultané. Lorsque la firme H choisit x , elle sait déjà si la firme E est entrée ou non sur le marché. Dans la zone où l'équilibre était précédemment en stratégies mixtes, la firme H choisit un x plus élevé avec le timing séquentiel. Cette augmentation des efforts anticipés de la firme H peut inciter la firme E à renoncer à entrer. Globalement, la fréquence d'entrée est plus faible avec les timing séquentiels qu'avec le timing simultané.

10.2.4 Contentieux endogènes

Bessen et Meurer (2006a) reprochent à la littérature précédente de supposer que le contentieux sur le brevet est exogène. Seul le modèle de Crampes et Langinier (2002) leur paraît faire un premier pas pour rendre l'émergence du contentieux endogène. Bessen et Meurer (2006a) présentent une courte synthèse de deux de leurs travaux (Bessen et Meurer, 2005 et 2006b), qui tentent d'endogénéiser la dispute et testent empiriquement les résultats de leur modèle théorique.

Le modèle comprend trois étapes. Lors de la première, la firme H (qui détient le brevet) réalise un investissement P_1 . Cet investissement a pour objet de renforcer la protection du brevet, en déposant d'autres brevets autour, en développant des capacités de détection d'infraction, etc. Lors de la deuxième étape, la firme H et une firme concurrente, notée E, choisissent des niveaux d'investissement x_1 et x_2 pour développer le bien qu'elles souhaitent commercialiser. La "nature" intervient entre les étapes 2 et 3. La "nature" tire au hasard la probabilité α que la firme H puisse gagner un procès pour infraction de brevet contre la firme E. La fonction de densité de la distribution de α est conditionnelle aux investissements P_1 et x_2 . La valeur de α a tendance à augmenter avec P_1 . L'effet de x_2 sur α est a priori plus ambigu. L'effort de développement de la firme E peut avoir servi à développer un bien plus différent ou au contraire à mieux imiter le bien de la firme H. Lors de la troisième étape, les deux firmes observent α et décident d'engager ou non un procès, de négocier un accord amiable pour éviter un procès, d'abandonner l'industrie, ou de se faire concurrence sans avoir recours à la justice.

Lors de la troisième étape, la firme E abandonne l'industrie si α est proche de 1. La firme E ne souhaite pas subir les coûts d'un procès qu'elle a beaucoup de chances de perdre. Si α est faible, c'est la firme H qui renonce à engager un procès et les deux firmes se font concurrence. Si α est un peu plus élevé, les deux firmes sont prêtes à aller au procès plutôt que d'abandonner, mais elles préfèrent négocier un accord amiable que de s'engager dans un procès. Si α est encore un peu plus élevé, mais pas trop proche de 1, la firme H préfère le procès à un accord amiable.

Le modèle sert de référence théorique pour essayer de déterminer les facteurs influençant la probabilité d'un contentieux. Les prédictions sont ensuite testées empiriquement. Les auteurs trouvent empiriquement que les secteurs où les brevets sont mieux définis (pharmacie, chimie) génèrent plus de procès que les secteurs où les brevets sont plus difficiles à défendre. Le modèle prédisait bien une augmentation des procès avec α . Les auteurs trouvent aussi que les firmes ayant des porte-feuilles de brevets plus larges (un plus grand P_1) engagent plus de procès. Les auteurs trouvent aussi que les firmes mises en cause par les procès sont souvent des firmes qui investissent beaucoup en R&D (x_2 élevés). Les firmes semblent donc enfreindre des brevets par ignorance plus qu'intentionnellement. Beaucoup de procès opposent des firmes appartenant à des industries différentes. Un relâchement de la politique antitrust favorise les accords amiables au détriment des procès. Une baisse des coûts judiciaires a l'effet inverse. Les auteurs se proposent dans des recherches futures d'étudier les effets de l'organisation du système des brevets sur la fréquence des contentieux. Les auteurs notent en effet que si le système des brevets est très prévisible alors α devrait soit être proche de 0 soit être proche de 1 et il n'y a pas de contentieux. Les contentieux interviennent lorsque la valeur de α est intermédiaire, ce qui correspond à des brevets "vagues".

10.3 Organisation et contrôle des contentieux

10.3.1 Contrôle des arbitrages par l'autorité de la concurrence

Shapiro (2003) s'intéresse au contrôle des accords amiables dans la résolution de conflits portant sur la validité de brevets par l'autorité de la concurrence. Ces accords peuvent comporter des clauses anticoncurrentielles⁴⁸. Si aucune restriction n'est imposée par l'autorité de la concurrence, il est (presque) toujours possible pour les firmes d'obtenir les profits de monopole en choisissant judicieusement les montants de *royalties* et en imposant éventuellement d'autres restrictions. Les gains peuvent ensuite être partagés en utilisant des paiements fixes. L'autorité antitrust doit donc se donner le droit de les contrôler. Cependant, dans ce domaine, l'objectif de l'autorité ne doit pas être d'imposer la concurrence la plus grande possible. Les brevets représentent le droit accordé à une firme de limiter la concurrence sur un de ses produits afin d'obtenir suffisamment de profits *ex post* pour qu'elle ait eu *ex ante* suffisamment d'incitations à effectuer des dépenses de R&D. Imposer une forte concurrence à l'occasion d'un contrôle sur un accord amiable représenterait une expropriation des droits consentis par le brevet. L'autorité de la concurrence doit donc s'assurer de préserver les droits acquis de la firme détenant le brevet tout en s'assurant que l'accord amiable n'introduit pas de nouvelles restrictions à la concurrence.

Si le brevet était parfait, la firme détentrice de ce brevet obtiendrait initialement le profit de monopole et l'accord ne pourrait pas introduire de restriction supplémentaire à la concurrence. L'auteur note cependant qu'en pratique les brevets ne sont généralement pas parfaits et ne permettent généralement pas à la firme qui les détient de jouir du profit de monopole. Il y a plusieurs raisons à cette imperfection. (1) Le brevet peut toujours être attaqué en justice pour être invalidé. (2) Un tribunal peut déclarer qu'un entrant n'a pas enfreint le brevet. Les droits de la firme ne sont donc pas toujours respectés. (3) Les entrants potentiels peuvent innover autour du brevet. (4) La firme peut ne pas détecter l'infraction à son brevet. (5) Faire respecter les brevets nécessite des dépenses judiciaires et souvent des délais. (6) Les tribunaux ne compensent pas toujours parfaitement les profits perdus pendant la période où la firme a dû faire face à la concurrence des entrants. La protection offerte par les brevets n'est donc que partielle et ne permet pas nécessairement à la firme d'obtenir le profit de monopole. L'autorité de la concurrence doit protéger les droits acquis de la firme, mais elle n'est pas obligée d'aller au delà.

Shapiro (2003) propose la règle suivante les accords amiables devraient être acceptés par l'autorité de la concurrence s'ils ne réduisent pas l'espérance du surplus des consommateurs par rapport à celle obtenue en cas de procès⁴⁹ et refusés s'ils la réduisent. L'autorité prend comme point de référence la situation acquise et s'assure que l'accord amiable ne permet pas de réduire plus la concurrence.

L'auteur montre que s'il existe une incertitude sur la réalité de l'infraction au brevet alors il existe un accord amiable qui permet d'augmenter l'espérance de profits des firmes par rapport au procès et qui ne réduit

⁴⁸Meurer (1989) avait déjà noté ce point et introduit un paramètre mesurant les restrictions imposées par la politique de la concurrence.

⁴⁹"[...] *a patent settlement cannot lead to lower expected consumersurplus than would have arisen from ongoing litigation*".

pas l'espérance de surplus des consommateurs. Les firmes utilisent l'accord pour maximiser leurs profits joints sous la contrainte de ne pas réduire l'espérance de surplus des consommateurs. En général, l'accord permet une amélioration par rapport au procès. La seule condition nécessaire pour qu'une amélioration existe est que les actions entreprises par les firmes soient différentes selon les issues du procès (ce qui est généralement le cas). Avec l'arbitrage, les actions des firmes deviennent indépendantes de l'issue du procès (qui n'aura pas lieu). Une implication de ce résultat est que la valeur du brevet pour la firme qui le détient n'est pas une fonction linéaire de la probabilité θ que le brevet soit déclaré valide par un tribunal. La fonction serait linéaire en cas de procès, mais l'arbitrage permet de faire mieux pour les probabilités non dégénérées (mais pas pour $\theta = 0$ ou $\theta = 1$). La fonction devient donc non linéaire avec l'arbitrage.

L'auteur illustre sa proposition générale par quelques cas particuliers.

Il suppose que la firme possédant le brevet, notée H, et l'entrant, E, se livrent une concurrence à la Bertrand avec des biens homogènes. La demande est linéaire : $Q = A - p$. Avec probabilité θ , le brevet est déclaré valide et H obtient le profit de monopole. Avec probabilité $1 - \theta$, l'entrant est jugé ne pas enfreindre le brevet. Les prix sont alors égaux au coût marginal des firmes et les profits sont nuls. Comme le surplus des consommateurs est une fonction convexe⁵⁰, le prix avec l'arbitrage doit être inférieur à l'espérance du prix avec le procès. L'auteur calcul que le prix avec arbitrage ne doit pas dépasser :

$$\bar{p} = A - \frac{A - c}{2} \sqrt{4 - 3\theta}$$

pour ne pas réduire l'espérance de surplus des consommateurs. Avec un procès, l'espérance de profits des firmes est égal à $\theta(A - c)^2 / 4$ (= profit de monopole fois θ). Avec l'arbitrage, les firmes peuvent se partager :

$$(\bar{p} - c) D(\bar{p}) = \frac{(A - c)^2}{4} (2\sqrt{4 - 3\theta} + 2\theta - 4)$$

montant qui est plus élevé que $\theta(A - c)^2 / 4$. Cet accord peut être implémenter en fixant des royalties égaux à $r = \bar{p} - c$ et la firme H paie un montant fixe à E pour partager les gains.

L'auteur effectue ensuite les mêmes calculs dans le cas où les deux firmes se livrent une concurrence à la Cournot. Il discute aussi le cas où les deux firmes ont des coûts marginaux différents (ou des fonctions de coûts non linéaires et différentes) et le cas où les firmes vendent des biens différenciés.

L'auteur s'intéresse ensuite à trois solutions parfois adoptées pour résoudre des conflits de droit de propriété intellectuelle. La première solution est une fusion des firmes. Lorsqu'une petite firme de type *start up* accuse une grande firme d'enfreindre ses brevets, le rachat de cette petite firme par la grande peut être un moyen de régler le litige. L'auteur propose un *patent competition index* égal au ratio entre, au numérateur, la différence entre l'espérance de surplus des consommateurs avec le procès et celle avec la solution de monopole, et, au dénominateur, la différence entre le surplus des consommateurs avec le duopole et celle avec le monopole. En l'absence de contentieux sur les droits de propriété intellectuelle, l'autorité

⁵⁰Les consommateurs bénéficient plus d'une réduction de prix qu'ils ne sont atteints par une hausse de prix, car ils achètent une quantité plus importante lorsque le prix est faible.

de la concurrence peut calculer un niveau de baisse des coûts e à partir duquel la fusion, entraînant le passage d'un duopole à un monopole, ne réduit pas le surplus des consommateurs. S'il y a un contentieux sur les droits de propriété intellectuelle, ce niveau devrait être remplacé par le produit de e et de l'indice proposé par l'auteur. Le niveau d'efficacité demandé est plus faible s'il y a un litige pouvant conduire à une situation de monopole même en l'absence de fusion (si le brevet est déclaré valide et enfreint par l'entrant). L'auteur calcule son indice dans différents exemples. La deuxième solution parfois adoptée est une négociation sur la date d'entrée de l'entrant potentiel. Cette solution est notamment parfois adoptée dans l'industrie pharmaceutique. Les firmes négocient la date de mise sur le marché du médicament générique et des paiements fixes. En l'absence d'asymétrie d'information et d'aversion au risque, ce type de solution semble réduire le surplus des consommateurs et devrait donc être étudiée attentivement par les autorités antitrust. La troisième solution concerne des cas où plusieurs brevets sont en cause. Pour des biens complexes (téléphones portables, lasers, etc), de nombreux brevets sont concernés et chacune des firmes peut accuser l'autre d'avoir enfreint ses brevets. Une façon de régler le litige est de mettre en commun les brevets dans un *patent pool*. L'auteur avance que cette solution est préférable à une concurrence de type Cournot avec biens complémentaires. Cette solution peut donc augmenter les profits des firmes sans nécessairement réduire le surplus des consommateurs.

Il est donc souvent possible de trouver des accords amiables qui augmentent les profits des firmes sans réduire l'espérance de profits des consommateurs. L'autorité de la concurrence doit donc être vigilante avec les accords amiables portant sur des questions de propriété intellectuelle, mais elle ne doit surtout pas les interdire.

10.3.2 Contrôle ex ante ou ex post de la validité des brevets

Farrell et Shapiro (2008) notent que le *US Patent and Trademark Office* (PTO) a accordé environ 183.000 brevets en 2006 (sur environ 444.000 demandes déposées). Au cours de la décennie précédente, le PTO a accordé 1,7 million de brevets. En 2006, l'*European Patent Office* a accordé environ 63.000 brevets. En moyenne, les fonctionnaires du PTO consacrent entre 15 et 20 heures à l'examen d'une demande pour déterminer si le brevet correspond bien à une idée *nouvelle* et *non évidente*. Une proportion importante des brevets dont la validité est contestée en justice est invalidée par les juges. Le PTO semble donc commettre beaucoup d'erreurs et accorder des brevets à des idées qui ne les méritent pas. Le problème peut ne pas sembler très grave, puisqu'il est toujours possible de contester la validité d'un brevet *ex post* devant la justice et de faire invalider les brevets qui ont été accordés à tort. La plus grande partie des litiges est cependant résolue par des accords à l'amiable, qui ne prennent pas nécessairement en compte les intérêts des tiers. Les auteurs étudient l'idée que le contrôle par le juge permet de corriger sans coût social important les erreurs commises par le PTO. Ils montrent que la réponse dépend essentiellement du degré de concurrence dans l'industrie utilisant la technologie brevetée.

Le modèle est le suivant. Une firme H détient un brevet sur une technologie pouvant être utilisée dans

une industrie aval. L'industrie aval est composée de n firmes symétriques. Si les firmes aval utilisent la technologie brevetée, leur coût unitaire de production est égal à $c = 0$. Si les firmes aval n'utilisent pas cette technologie, elles doivent recourir à une technologie moins efficace, qui génère un coût unitaire $v > c$. La firme H va proposer des contrats de licence aux firmes aval et ces dernières pourront les accepter ou les rejeter. Le problème ressemblant aux problèmes traités par la littérature sur les relations verticales, on sait que la solution va énormément dépendre des hypothèses faites sur la forme des contrats pouvant être signés. En fonction des hypothèses sur la forme de ces contrats, les firmes peuvent obtenir le profit de monopole ou la concurrence dans l'industrie aval peut se répercuter sur le monopole amont et lamener ses profits. Les auteurs retiennent une hypothèse intermédiaire et supposent que la firme H peut utiliser des contrats avec une tarification en deux parties : un paiement fixe F et des *royalties* par unité produite r . Si une firme aval refuse le contrat de licence, elle a la possibilité d'utiliser néanmoins la technologie brevetée. Elle risque cependant d'être poursuivie en justice par la firme H. Les auteurs supposent que la firme H engage systématiquement des poursuites en cas d'infraction de son brevet. En cas de procès, le tribunal déclare le brevet valide avec la probabilité θ et l'invalidé avec la probabilité $1 - \theta$. Si le brevet est déclaré invalide, tous les contrats de licence sont annulés et toutes les firmes aval peuvent utiliser la technologie gratuitement. Si le brevet est déclaré valide, la firme aval ayant enfreint le brevet doit payer v par unité produite, tandis que les contrats de licence signés par les autres firmes sont maintenus en l'état. Les firmes ayant signés des contrats de licence conservent donc un coût unitaire égal à r . Les auteurs vont comparer les résultats de ce jeu avec ceux obtenus dans un jeu où le PTO détermine parfaitement dès le début du jeu si le brevet est valide (ce qui est le cas avec la probabilité θ) et où H et les firmes aval négocient des contrats de licence uniquement si le brevet a été déclaré valide.

Si $n = 1$, les deux jeux génèrent le même surplus social. La firme aval est en situation de monopole. Si H fixe $r > 0$, les profits joints de l'industrie diminuent à cause du problème classique de double marginalisation. Le contrat proposé par H stipule donc $r = 0$ et un coût fixe F positif. Le coût fixe maximal que la firme aval est prête à payer pour obtenir le droit d'utiliser la technologie légalement est une fonction linéaire de θ . Le coût fixe payé par la firme aval est égal à l'espérance de ce qu'elle devrait payer à l'issue d'un procès. Comme $r = 0$, les consommateurs paient le même prix final que le brevet soit valide ou non. Que le contrôle de la validité du brevet soit effectué *ex ante* par le PTO ou soit susceptible d'être effectué *ex post* par un juge ne change pas le fonctionnement de l'industrie. Cela n'affecte que la répartition des profits entre les deux firmes.

Si $n > 1$, les résultats sont très différents. Les profits joints de l'industrie augmentent si H choisit $r > 0$. Les royalties servent à augmenter artificiellement les coûts de production des firmes et à limiter la baisse des prix due à la concurrence entre les firmes. Si r est élevé, la firme H peut rétrocéder une partie des profits aux firmes aval en fixant $F < 0$. Les firmes aval peuvent donc accepter des *royalties* élevés, $r = v$, même si θ est faible, à condition d'obtenir un paiement fixe lors de la signature de l'accord de licence. Un brevet "faible" (θ faible) peut donc avoir un effet fort sur le prix d'équilibre de l'industrie aval. Le brevet permet de

signer des contrats de licence qui servent d'instrument de collusion entre les firmes. Dans ce cas, le contrôle *ex ante* par le PTO de la validité du brevet a clairement un effet positif sur le surplus des consommateurs et sur le surplus social.

Le contrôle *ex ante* par le PTO peut aussi avoir un effet bénéfique sur les incitations à la recherche de la firme H. Elle décourage la firme de développer des innovations mineures ou discutables (ayant un θ faible) et l'encourage à se tourner vers des innovations réellement novatrices (ayant un θ élevé).

Si l'autorité antitrust interdit les paiements fixes négatifs $F < 0$ dans les contrats de licence, la firme H doit réduire r , si θ est faible, mais peut conserver $r > 0$. Les firmes aval n'ont pas nécessairement intérêt à contester le brevet en justice. En effet, si une firme aval perd le procès (le brevet est déclaré valide), elle devra payer v par unité produite tandis que ses concurrentes ne paieront que $r < v$. Si la firme aval gagne le procès, elle pourra produire avec un coût unitaire $c = 0$, mais ce sera aussi le cas de ses concurrentes puisque l'invalidation du brevet par le tribunal annule l'ensemble des contrats de licence. La décision de refuser le contrat de licence et de préférer un contentieux a un effet externe positif sur les autres firmes aval et sur les consommateurs. Cet effet externe n'est cependant pas pris en compte par la firme dans sa décision d'accepter ou non le contrat de licence. Les firmes aval font face à un problème de bien public et elles peuvent ne pas réussir à se coordonner pour rejeter le contrat de licence, alors que collectivement elles auraient intérêt à le faire. Donc, même si on impose $F \geq 0$, un contrôle *ex ante* de la validité du brevet permet d'accroître le surplus social lorsque $n > 1$.

Les auteurs jugent donc qu'il serait socialement avantageux de renforcer les moyens du PTO pour lui permettre de réduire le nombre de brevets accordés à tort. Ces moyens supplémentaires devraient être concentrés sur les innovations susceptibles d'être utilisées dans des industries où la concurrence est forte, puisque ce sont dans ces industries que le contrôle *ex ante* permettrait les gains les plus élevés du surplus social.

10.3.3 Organisation des procédures et temps de résolution

Galasso et Schankerman (2010) s'intéressent à l'impact sur la durée des procédures de contentieux de la création d'une cour d'appel unique aux USA en 1982 et de la fragmentation des brevets. Les auteurs avancent que c'est une question importante, car une résolution plus rapide des contentieux permet de rapidement résoudre l'incertitude juridique sur la validité des brevets et favorise une diffusion plus rapide des innovations technologiques.

Avant 1982, certains observateurs avaient noté que les tribunaux de certains Etats américains rendaient en moyenne des jugements très différents d'autres tribunaux. Certains tribunaux semblaient accorder des jugements plus favorables aux firmes détentrices de brevets que d'autres. Ces différences auraient pu inciter certaines firmes à choisir stratégiquement la juridiction où elles portaient plaintes (*forum shopping*). Pour rendre les jugements plus cohérents, les USA ont institué une cour d'appel unique pour les contentieux sur les

brevets, nommée *Court of Appeals for the Federal Circuit (CAFC)*. Les auteurs avancent que l'institution de cette court d'appel unique est de nature à rendre les jugements plus cohérents et donc à réduire les incertitudes juridiques. Cette réduction des incertitudes devrait faciliter l'élaboration d'accord à l'amiable. On sait en effet que les divergences d'opinion sur les probabilités de l'emporter sont l'une des principales sources d'échec des arbitrages hors tribunaux. Des jugements plus faciles à prévoir devraient donc permettre des arbitrages plus rapides.

Certains auteurs se sont inquiétés que la fragmentation de certaines innovations entre un grand nombre de brevets était de nature à rendre les négociations d'accords à l'amiable plus complexes, car faisant intervenir un plus grand nombre d'interlocuteurs. D'autres auteurs ont cependant avancé que bien que le nombre de négociations augmente, l'enjeu de chacune d'elles diminue, ce qui pourrait faciliter l'émergence d'accords. Galasso et Schankerman (2010) se proposent d'étudier cette question empiriquement.

Avant de présenter leur étude empirique, les auteurs construisent un modèle théorique pour obtenir les résultats à tester. Le modèle se base sur les modèles de recherche d'arbitrage de Bebchuk (1984) et Spier (1992) et y introduit la modélisation du fractionnement des brevets de Lerner et Tirole (2004). Les prédictions du modèle sont les suivantes. (1) Le temps nécessaire pour trouver un arbitrage devrait être plus court lorsque l'innovation est fractionnée entre un plus grand nombre de brevets, car la négociation portant sur chacun des brevets porte sur un montant plus faible. (2) Les négociations devraient être plus longues lorsque les innovations couvertes par chacun des brevets sont plus fortement complémentaires. Si les innovations sont substituables, la négociation est plus rapide. (3) Le temps nécessaire pour parvenir à un accord devrait diminuer lorsque la variance des jugements rendus par les tribunaux diminue. (4) Les procédures d'arbitrage devraient donc être plus courtes après la création de la CAFC. (5) L'effet de la fragmentation des brevets sur le temps de la procédure devrait être plus faible après la création de la CAFC. (6) L'impact de la création de la CAFC devrait être plus fort dans les Etats où les tribunaux rendaient des jugements ayant une plus forte variance.

Les auteurs disposent d'une base de données couvrant 9219 litiges portant sur des brevets traités par le justice américaine entre 1975 et 2000 et résolus avant 2001. Ils croisent cette base de données avec une base de données du NBER sur les brevets et les caractéristiques des firmes les ayant déposés. En moyenne, une procédure dure 18 mois et 18 jours avant qu'un accord soit conclu. 25% des cas trouvent une solution négociée en moins de 5 mois et 25% des cas durent plus de 2 ans. Les auteurs observent que la durée des procédures semble diminuer fortement après la création de la CAFC. Cette réduction n'est pas due à une diminution du nombre de procédures. Le nombre de cas augmente au contraire de 185 par an avant 1982 à 550 par an entre 1983 et 1994. La proportion des cas allant jusqu'à un jugement par un tribunal diminue après 1982. Avant 17,2% des cas allaient jusqu'à un jugement par un tribunal, après seuls 5,9% des cas vont jusqu'au jugement.

L'économétrie va permettre de confirmer les premières observations. La réduction estimée des procédures

avant de trouver un arbitrage est d'environ 6 mois avec l'institution de la CAFC. L'introduction d'une cour d'appel unique semble donc avoir eu un effet très important sur la durée des procédures. Les auteurs trouvent aussi qu'une plus grande fragmentation diminue l'espérance de durée des procédures. Une augmentation de l'indice de fragmentation d'une fois l'écart type réduit la procédure en moyenne de 22 jours. Des brevets plus complémentaires augmentent la durée de la procédure. Une augmentation de l'indice d'un écart type augmente la procédure de 23 jours. Les effets fixes associés à chacun des tribunaux sont statistiquement significatifs. Les décisions rendues avant 1982 étaient donc bien variables d'un tribunal à l'autre. La durée de la procédure augmente avec l'estimation de la valeur du brevet. L'effet de la fragmentation des brevets est nettement plus forte avant 1982 qu'après. Les auteurs ne trouvent pas que la durée des procédures varie significativement d'une industrie à l'autre. L'effet de l'introduction de la CFAC est plus fort dans les juridictions où les jugements étaient les plus variables avant 1982. Les auteurs trouvent aussi que la réduction de la durée des procédures semble significativement due à la plus grande utilisation d'injonctions par les tribunaux en attendant un jugement définitif. Les procédures durent plus longtemps (environ 4 mois de plus) lorsque la firme plaignante l'est régulièrement et moins longtemps (environ 3,5 mois de moins) lorsque la firme accusée l'est régulièrement. Les firmes portant régulièrement plaintes semblent donc défendre plus vigoureusement leurs droits. Les firmes régulièrement mises en cause pourraient avoir une stratégie de recherche d'accords uniquement si elles sont assignées en justice. Un plus grand nombre de cas par juge est associé à des procédures plus longues.

Dans la dernière section de l'article, les auteurs reviennent sur le lien entre fragmentation des brevets et rapidité des procédures. Ils ont trouvé empiriquement que la durée d'une procédure diminue lorsque la fragmentation des brevets augmente. Mais, la fragmentation des brevets peut engendrer un plus grand nombre de procédures. Ce second effet peut potentiellement dominer le premier. Théoriquement, la durée totale des procédures dépend de façon cruciale du timing des procédures. Si elles interviennent simultanément, la durée totale peut être assez courte. En revanche, si les procédures interviennent les unes après les autres, la durée totale risque d'être assez longue. Les auteurs se livrent à un exercice de simulations en posant de nombreuses hypothèses. Ils trouvent qu'avant l'introduction du CAFC, la fragmentation a pu réduire le temps total des procédures dans certains secteurs. Après l'introduction du CAFC, les effets de la fragmentation sont plus faibles et ne semblent pas avoir réduit la durée totale des procédures.

11 Organisation des contrats de coopération

11.1 Contrats incomplets et management de l'innovation

Aghion et Tirole (1994) appliquent la méthodologie des contrats incomplets à l'étude de la répartition des droits de propriété sur une innovation en cours de développement.

Le modèle comprend deux agents : une unité de recherche (RU) et une firme. La valeur de l'innovation

pour la firme est égale à $V > 0$. La probabilité que l'innovation soit mise au point avec succès est égale à $p(e, E) = q(e) + r(E)$ où e est l'effort de l'unité de recherche et E est l'investissement de la firme. e ne peut pas être intégré dans un contrat. E peut l'être ou non selon les versions du modèle. L'unité de recherche ne dispose d'aucune richesse initiale.

Le contrat initial ne peut pas être basé sur e ou sur V . Il peut parfois contenir E . Le contrat se résume essentiellement à une allocation des droits de propriété sur l'innovation.

Si la firme intègre verticalement l'unité de recherche, elle peut utiliser l'innovation sans avoir à payer l'unité de recherche pour cela. RU choisit alors $e = 0$.

Si les firmes sont indépendantes, la firme doit négocier avec RU pour obtenir une licence sur l'innovation. Chacun reçoit un paiement égal à $V/2$. Ce partage des gains incite RU à augmenter e mais incite la firme à réduire E . Pouvoir intégrer E dans le contrat ne résoud pas le problème de sous-investissement, car RU ne dispose pas initialement des moyens financiers de compenser la firme pour l'augmentation de E .

L'allocation initiale des droits de propriété dépend des importances relatives de e et de E dans la réussite du projet. Il faut limiter en priorité le problème de sous-investissement le plus destructeur pour le surplus social. Mais, l'allocation des droits de propriété dépend aussi de la répartition initiale des pouvoirs de négociations. En effet, la firme peut compenser monétairement RU pour la cession par ce dernier de droits de propriété, mais la réciproque n'est pas vraie, car RU ne dispose pas de fonds initiaux. La répartition maximise donc le surplus social si RU dispose de tout le pouvoir de négociation, mais pas nécessairement si la firme dispose d'un pouvoir de négociation positif.

Les auteurs s'intéressent ensuite à la possibilité que RU ne soit pas intégrée, mais que la firme prenne une participation dans le capital de RU. Cette prise de participation ne change cependant pas la négociation entre le manager de RU et la firme sur la cession d'une licence sur l'innovation. RU sait qu'elle peut demander plus si une partie du montant de la licence retourne à la firme sous forme de dividendes. La prise de participation ne change pas le partage ex post.

En revanche, les auteurs montrent qu'une prise de participation dans RU par un tiers peut être optimale. Cela peut être cas si E est contractible. L'investisseur extérieur obtient une part $(1 - \alpha)$ dans RU et verse une compensation à la firme pour augmenter E . Si l'innovation est mise au point, RU conserve $\alpha \frac{V}{2}$, l'investisseur extérieur obtient $(1 - \alpha) \frac{V}{2}$ et la firme $\frac{V}{2}$. Cet arrangement diminue e , mais permet d'augmenter E .

Les auteurs s'intéressent aussi aux propriétés de statique comparative du modèle. Pour une organisation donnée, e et E sont des fonctions croissantes de V . Ce n'est plus nécessairement le cas si une augmentation de V modifie la répartition des droits de propriété. Les auteurs montrent aussi que, si la firme ne peut pas financer E sur ses propres fonds et doit recourir à un investisseur extérieur, la structure peut changer et passer d'une intégration verticale à un RU indépendant.

Les auteurs étudient ensuite des extensions du modèle.

La première extension consiste à supposer que les efforts de recherche peuvent aboutir à différents types d'innovations. Le rôle de E dans le développement varie d'une innovation à l'autre. Les auteurs trouvent que la firme obtient les droits de propriété des innovations reposant beaucoup sur E et RU obtient les droits sur les innovations reposant peu sur E .

La deuxième extension réinterprète la première en supposant que les différents types d'innovations se produisent dans le temps. La firme obtient les droits sur les innovations développées par RU lorsque RU travaillait pour la firme et peu de temps après le départ de RU. En revanche, après un certain temps après l'indépendance de RU, les innovations lui appartiennent. En pratique, les contrats contiennent parfois des *trailers clause* stipulant que les innovations mises au point par un ancien salarié peu de temps après son départ de la firme appartiennent à la firme.

La troisième extension suppose que l'innovation peut être employée par la firme (créant une valeur V_1) ou par un tiers (créant une valeur V_2). Dans cette extension, E influence la probabilité de découverte, mais aussi la valeur de V_1 . Il est alors possible que la firme accorde le droit de propriété de l'innovation à RU, mais conserve le droit de percevoir une partie des revenus si l'innovation est vendue à une entreprise tiers (*shop rights*).

Dans la dernière section, les auteurs considèrent e et E comme donnés et s'intéressent au choix d'un paramètre γ . γ représente la "taille" de l'innovation. Choisir γ plus élevé augmente V , mais réduit la probabilité de succès. Dans cette section, l'innovation peut être vendue à la firme ou à une autre firme. Le choix de γ dépend généralement de l'allocation des droits de propriété. Le sens dans lequel γ varie lorsque RU devient indépendant dépend de la façon dont le ratio de la valeur de l'innovation pour la firme sur celle pour une autre firme change quand γ change.

11.2 Clause de terminaison et "contractibilité"

Lerner et Malmendier (2010) étudient comment les restrictions sur le caractère contractible du programme de recherche modifient la forme du contrat de coopération entre une petite firme chargée de la recherche et une firme plus importante qui doit ensuite commercialiser l'innovation.

Modèle théorique : Le modèle comprend quatre étapes. Lors de la première, une firme de biotechnologie (RU) négocie un partenariat avec une grande firme pharmaceutique (F). C'est F qui propose un contrat à prendre ou à laisser à RU. Lors de la deuxième étape, F verse à RU le montant I nécessaire pour financer le programme de recherche. RU choisit alors le type de son effort de recherche $e \in \{e_N, e_B\}$. e_N correspond à un programme de recherche étroit (N : *Narrow*), très centré sur les applications. e_B correspond à un programme de recherche plus large (B : *Broad*), qui est plus orienté vers la recherche académique et la recherche de résultats plus généraux. Le programme de recherche de l'étape deux donne des résultats intermédiaires. Ces résultats peuvent être approfondi à l'étape 3 pour développer une innovation concrète.

Cette phase de développement nécessite la coopération de RU et de F. L'étape 4 correspond à la phase de commercialisation, F met sur le marché l'innovation obtenue.

Les intérêts de RU et de F sont divergents. RU préfère le programme de recherche large. Les chercheurs de RU sont plus tournés vers la recherche académique que ceux de F et ils sont intéressés par des publications scientifiques, qui amélioreront leur réputation. RU peut aussi être engagés dans d'autres accords de coopération que celui la liant à F. Des résultats plus généraux pourraient servir dans ces autres programmes. F préfère le programme de recherche étroit. Elle souhaite que les chercheurs de RU soient concentrés sur les applications industrielles concrètes et ne s'éparpillent pas dans des considérations plus générales. Formellement, le programme de recherche e_N génère une innovation dont la valeur est égale à \bar{N} (strictement supérieure à I) et des connaissances générales \underline{B} ; le programme de recherche e_B génère une innovation dont la valeur est égale à \underline{N} et des connaissances générales \bar{B} . Ces valeurs ne sont obtenues que si les deux firmes continuent leur collaboration jusqu'à l'étape 4. Si la collaboration prend fin après l'étape 2, la valeur de l'innovation est moindre αN , avec $\alpha \in [0, 1]$. En revanche, B n'est pas affecté par la fin de la collaboration si c'est RU qui obtient les droits sur les connaissances ; mais ne vaut plus que εB si c'est F qui en obtient les droits. Cette différence tient au fait que B représente des connaissances générales pouvant être redéployées dans d'autres projets tandis que N représente des connaissances spécifiques nécessitant la collaboration des deux firmes. Les auteurs supposent que $\varepsilon \bar{B} < \underline{B}$.

Les auteurs étudient successivement trois scénarii. Dans le premier e peut être inclus dans le contrat. La firme F impose $e = e_N$. La firme F ne laisse à RU que son utilité de réserve, que les auteurs ont fixé au niveau \underline{B} pour simplifier la résolution du modèle. Avec ce contrat, la firme F obtient la propriété de l'innovation industrielle et bénéficie ainsi d'un surplus $\bar{N} - I$. RU conserve la propriété des connaissances générales et obtient ainsi son utilité de réserve \underline{B} . Ce contrat est socialement optimal si $\bar{N} + \underline{B} > \underline{N} + \bar{B}$, mais pas dans le cas opposé. Les contraintes de financement de RU rendent impossible la mise en place du contrat socialement optimal lorsque $\underline{N} + \bar{B} > \bar{N} + \underline{B}$.

Les auteurs étudient ensuite le cas où e ne peut pas être intégré dans le contrat (par exemple, parce que e est trop compliqué à décrire) et où le contrat ne peut pas contenir d'options. La firme F ne peut pas empêcher la firme RU de choisir e_B . La firme RU est autorisée à conserver les bénéfices des connaissances générales (sinon elle refuse le contrat, car elle doit obtenir au moins son utilité de réserve). La firme F obtient les droits de propriété sur l'innovation. Un accord ne peut être trouvé que si $\underline{N} - I > 0$ (si $\underline{N} < I$, la firme F refuse de financer le projet). La firme F obtient un gain $\underline{N} - I$ et RU obtient son utilité de réserve \underline{B} plus une rente $\bar{B} - \underline{B}$.

Le troisième scénario suppose toujours que e ne peut pas être inclus dans le contrat, mais il autorise les options d'achat dans le contrat. L'idée est d'inciter RU à choisir e_N en autorisant la firme F à mettre fin à l'accord de coopération à l'issue de l'étape 2 si RU a choisi e_B . Comme e ne peut pas être inclus dans le contrat, il faut donner un droit non conditionnel de mettre fin à l'accord à la firme F et s'assurer qu'elle

a intérêt à exercer ce droit si $e = e_B$ mais pas si $e = e_N$. Si le contrat prend fin à l'issue de l'étape 2, F conserve les droits sur N et sur B . Si le contrat va jusqu'au bout, la firme F conserve les droits sur N et RU conserve les droits sur B . En cas de rupture anticipé du contrat F verse p_T à RU. Si le contrat va à son terme, F verse p_C à RU. Le contrat doit vérifier simultanément les deux conditions suivantes :

$$\begin{aligned}\underline{N} - p_C &\leq \alpha \underline{N} + \varepsilon \overline{B} - p_T \\ \overline{N} - p_C &> \alpha \overline{N} + \varepsilon \underline{B} - p_T\end{aligned}$$

La première condition assure que la firme F a intérêt à mettre fin au contrat si elle observe $e = e_B$ et la seconde assure que F a intérêt à poursuivre l'accord de coopération si elle observe $e = e_N$. En réarrangeant, on obtient la condition :

$$(1 - \alpha) \overline{N} - \varepsilon \underline{B} > p_C - p_T \geq (1 - \alpha) \underline{N} - \varepsilon \overline{B}$$

Idéalement, la firme F aimerait choisir $p_C = 0$ et $p_T < 0$. Cependant, comme RU n'a pas de ressources propres, p_T ne peut pas être négatif et est au minimum égal à 0. Ce qui implique que ce type de contrat nécessite $p_C > 0$. La firme F peut inciter RU à choisir e_N mais elle doit lui abandonner une rente informationnelle en contre-partie. Si cette rente est faible, la firme F propose ce type de contrat. Si la rente est trop élevée, la firme F renonce à inciter RU à choisir e_N et propose un contrat sans option.

Ces résultats génèrent la première prédiction que les auteurs vont ensuite tester empiriquement : les contrats avec option ont plus de chance d'être observés si e ne peut pas être inclus dans le contrat.

Les auteurs supposent ensuite que RU dispose de fonds à la fin de l'étape 2 (grâce à d'autres projets, ou parce que le projet génère des premiers *cash-flow*). Dans ce cas, F peut maximiser ses profits en imposant $p_C = 0$ et $p_T < 0$. Ce contrat génère les mêmes gains que celui où e est inclus dans le contrat.

La seconde prédiction testée par les auteurs est : les contrats comprennent plus souvent des clauses d'option si e n'est pas contractible lorsque RU est financièrement contrainte. Si RU n'est pas financièrement contrainte, les firmes obtiennent les mêmes gains avec et sans clauses d'option.

Vérification empirique : La suite de l'article est consacrée à la validation empirique de ces deux prédictions. Les auteurs utilisent une base de données regroupant des contrats de coopération entre des firmes pharmaceutiques et firmes de biotechnologies. Ils retiennent 580 contrats passés entre 1980 et 2001. La plupart des contrats concernent la fin de la période étudiée. Les contrats de coopération durent en moyenne 4 ans. Les auteurs distinguent les contrats qui décrivent en détails le produit à mettre au point (e contractible) et ceux qui restent très vagues sur le produit à mettre au point. Le produit n'est pas spécifié dans 37% des contrats et l'est de façon ambigu dans 11% des contrats.

Les auteurs commencent par vérifier que les hypothèses de leur modèle correspondent bien à des faits observés. L'hypothèse centrale est que les firmes de biotechnologies sont plus orientées recherche fondamentale que les firmes pharmaceutiques. Les auteurs étudient les citations faites dans les brevets déposés par chacun

des types de firmes. Le nombre de citations à des brevets antérieurs est similaire pour les deux types de firmes (11,8 citations en moyenne pour les firmes biotech, 10 pour les firmes pharmaceutiques). En revanche, le nombre d'articles scientifiques cités est presque deux fois plus élevé pour les firmes de biotechnologies (26,9 contre 13,7). Les firmes biotech semblent donc plus orientées recherche fondamentale. Les auteurs vérifient aussi si les firmes biotech sont engagées dans plusieurs projets de recherche simultanément. Ils trouvent une moyenne de 6,4 projets et une médiane de 4 projets pour un intervalle de 3 ans. Ces projets portent souvent sur des questions très proches. Les firmes biotech poursuivent donc plusieurs programmes de recherche simultanément et elles doivent donc choisir l'allocation de leurs efforts entre ces différents projets.

Les auteurs testent ensuite leurs deux prédictions théoriques. 97% des contrats contiennent des clauses permettant de terminer la coopération avant son terme. La plupart de ces clauses décrivent les événements précis nécessaires à leur mise en oeuvre. Cependant 39% des contrats autorisent la firme fournissant le financement à mettre fin de façon unilatérale et inconditionnelle à l'accord de coopération. 11% des contrats prévoient des clauses de fin inconditionnelle et laissent les droits de propriété sur les innovations en cours à la firme qui a fourni le financement. Ces contrats semblent correspondre assez bien aux contrats avec option du modèle théorique. C'est la fréquence de ces clauses que les auteurs utilisent comme variable à expliquer. Ils trouvent que ces clauses ont environ deux fois plus de chance d'être présentes dans les contrats ne décrivant pas le produit à mettre au point que dans ceux qui le décrivent. Cette différence est statistiquement significative. Ce résultat est robuste à la spécification de l'équation à estimer et à des changements de *proxies*. Les autres variables explicatives essayées ne sont pas statistiquement significatives.

Les auteurs se tournent vers la seconde prédiction théorique. Ils classent les firmes biotech en fonction de leurs contraintes financières et réestiment la relation entre la présence de clause d'option et la description du produit. Le coefficient estimé est environ deux fois plus grand pour les firmes situées en dessous de la médiane de l'indicateur de ressources financières que pour celles situées au dessus de la médiane. La différence des deux coefficients n'est pas statistiquement significative. La différence devient en revanche significative lorsque les auteurs isolent les firmes se trouvant dans le quartile des firmes les plus financièrement contraintes.

L'étude empirique est cohérente avec les prédictions théoriques. Les clauses permettant à la firme apportant le financement de mettre fin de façon unilatérale à l'accord avant son terme sont sensiblement plus fréquentes dans les contrats où l'innovation à développer n'est pas décrite précisément.

12 Etudes empiriques

12.1 Concurrence et innovation

Aghion, Bloom, Blundell, Griffith et Howitt (2005) reviennent sur le lien entre degré de concurrence d'une industrie et innovation.

Ils commencent par rechercher la forme de cette relation empiriquement. Leur base de données est

constituée de firmes britanniques ayant déposé des brevets aux USA entre 1973 et 1994. La mesure de l'innovation est constituée du nombre de brevets déposés pondéré par le nombre de citations reçues par chacun des brevets. Le degré de concurrence d'une industrie est mesuré par la moyenne des indices de Lerner des firmes composant cette industrie (en incluant les firmes n'ayant pas déposé de brevet au cours de l'année). La particularité de la méthodologie utilisée par les auteurs est de ne pas supposer que la relation est linéaire mais de permettre qu'elle puisse être non-linéaire. Les auteurs utilisent des régressions "spline" et trouvent que la relation peut être approximée par une relation quadratique décrivant un U inversé. L'innovation est maximale lorsque le degré de concurrence est intermédiaire. Trop de concurrence décourage l'innovation, car les rentes post-innovations sont faibles. Trop peu de concurrence décourage l'innovation, car la rente pré-innovation est importante et innover n'accroît que faiblement les profits des firmes. L'estimation réalisée par les auteurs peut souffrir d'un biais d'endogénéité important. Pour contourner ce problème, les auteurs reprennent leur estimation en utilisant des variables instrumentales. Ils utilisent comme sources de variation exogène du degré de concurrence : la constitution du marché unique européen, les privatisations réalisées par M. Thatcher et les mesures prises par les autorités de la concurrence pour démanteler des freins à la concurrence. La forme générale en U inversé de la relation est conservée.

Les auteurs notent qu'ils ne connaissent pas de modèle théorique prédisant une relation en U inversé. La deuxième partie de leur étude est donc consacrée à développer une variante des modèles d'Aghion, Harris et Vickers (1997) et d'Aghion, Harris, Howitt et Vickers (2001) qui permet de générer une relation de cette forme. Il s'agit donc d'un modèle dynamique d'innovations "pas-à-pas". Chaque industrie est constituée d'un duopole. Lors de chacune des périodes, les firmes peuvent investir pour tenter d'accroître leur stock de connaissances technologiques de 1. La probabilité d'innovation suit une loi de Poisson dont le paramètre dépend de l'effort de R&D de la firme. Pour simplifier la résolution du modèle, les auteurs supposent qu'il existe des spillovers permettant potentiellement à une firme en retard technologiquement d'imiter la firme en avance. Les spillovers sont automatiques si l'avance du leader est supérieure à 1, ils ramènent l'avance à 1. Une firme en retard de 1 peut aussi rattraper la firme leader sans faire d'efforts de recherche avec une probabilité exogène. Avec ces hypothèses, une firme ayant une avance de 1 n'a aucun intérêt à faire de la R&D pour accroître son avance. Les industries sont donc nécessairement dans l'un des deux sous-cas suivants. Les deux firmes ont le même stock de connaissances (*neck-and-neck sector*) et font potentiellement des efforts pour essayer d'acquérir provisoirement une avance technologique. Ou, l'une des firmes a une avance technologique de 1 (*unleveled sector*) et seule la firme en retard fait potentiellement de la R&D pour tenter de combler son retard. Pour résoudre le modèle, il suffit donc de calculer le niveau de R&D choisi par les firmes dans ces deux situations. Les firmes se livrent une concurrence en prix à la Bertrand, cependant avec une probabilité exogène elles peuvent mettre en place un équilibre collusif qui ne dure qu'une période. Formellement, si les firmes ont des connaissances différentes, le leader gagne π par période et la firme en retard gagne 0. Si les firmes ont le même stock de connaissance, elles gagnent 0 par période où il n'y a pas de collusion et $\pi/2$ par période avec collusion. La probabilité de collusion ε est exogène et sert à faire varier

le degré de concurrence entre les firmes.

Si le degré de concurrence est faible (si ε est élevé), les incitations à innover sont plus élevées dans une industrie avec un leader technologique que dans un duopole où les deux firmes ont les mêmes connaissances. Comme les firmes peuvent facilement faire de la collusion lorsqu'elles ont les mêmes connaissances technologiques, le souhait d'innover pour échapper à la concurrence (*escape-competition effect*) est faible. En outre, si une firme arrive à prendre une avance technologique, elle ne la conservera pas très longtemps car les incitations à innover d'une firme ayant un retard technologique sont très fortes. En ayant un retard technologique, une firme réalise un profit nul lors de chaque période. En innovant, elle pourra obtenir un profit égal en espérance à $\varepsilon\pi/2$ par période (*Schumpeterian effect*). En outre, ce flux sera obtenu pendant une période assez longue car les incitations à innover dans une situation où les deux firmes ont les mêmes connaissances sont faibles. La plupart des industries seront donc des industries où les deux firmes auront les mêmes connaissances et des incitations à innover faibles. Globalement, le taux d'innovation de cette économie sera faible. Si la concurrence augmente (si ε diminue), les incitations à innover dans un duopole équilibré augmentent et les incitations à innover dans un duopole avec différence technologique diminuent. A l'équilibre stationnaire, plus d'industries sont dans une situation de différence technologique, comme les incitations à innover dans cette situation que dans l'autre situation, globalement le taux d'innovation augmente quand la concurrence augmente.

A l'opposé, lorsque la concurrence est forte (ε faible), les incitations à innover sont plus fortes dans un duopole où les deux firmes ont les mêmes connaissances que dans l'autre situation. Les firmes veulent rapidement sortir de la situation où elles ont les mêmes technologies car leur profit espéré par période est proche de 0. En revanche, les incitations à innover d'une firme accusant un retard technologique sont faibles. Certes, elle gagne 0 par période en restant en retard ; mais, en comblant son retard, elle n'obtient qu'une espérance de profit par période très faible et elle incite l'autre firme à reprendre ardemment ses efforts de R&D. A l'équilibre stationnaire, la plupart des industries seront des industries avec un leader et une firme en retard. Les incitations à innover dans cette situation sont faibles et donc globalement le taux d'innovation est faible. Une augmentation de la concurrence (une diminution de ε) augmente le nombre d'industries avec différences technologiques et réduit les incitations à innover de ces industries. Donc, clairement, le taux global d'innovation diminue lorsque la concurrence augmente lorsque la concurrence est déjà très faible.

Le modèle permet donc de générer une courbe en U inversé. L'innovation augmente [diminue] lorsque la concurrence augmente lorsque la concurrence est faible [forte].

Les auteurs notent deux autres prédictions de leur modèle théorique. Le nombre d'industries avec différence technologique augmente avec le degré de concurrence. Deuxièmement, les auteurs supposent que la probabilité qu'une firme en retard puisse combler ce retard même sans faire d'effort diffère d'une industrie à l'autre. Les industries où cette probabilité est plus élevée sont - toutes choses égales par ailleurs - un peu plus souvent dans une situation où les deux firmes ont la même technologie. Dans ces industries, le pic de

la courbe en U-inversé est atteint pour des degrés de concurrence plus élevés que dans les autres industries.

Les auteurs reviennent à leur étude empirique pour tester ces deux prédictions. Ils mesurent les différences technologiques par des différences de productivité totale des facteurs. Les données confirment que les différences de productivité sont plus fortes dans les industries où la concurrence est plus forte. Pour tester la seconde prédiction, les auteurs constituent un sous-groupe avec les industries pour lesquelles les différences de productivité sont inférieures à la médiane. Ces industries sont donc plutôt des industries avec des connaissances technologiques égales. Les auteurs ré-estiment la relation entre innovation et concurrence pour ce sous-groupe. La courbe est située au-dessus de celle obtenue avec toutes les firmes et son mode est atteint pour un niveau de concurrence plus faible.

12.2 Intégration verticale et innovation

Armour et Teece (1980)

Karantininis, Sauer et Furtan (2010) étudient empiriquement le lien entre intégration verticale et innovation. L'intégration verticale devrait augmenter l'"appropriabilité" d'une innovation par la firme. Dans une structure verticale, la firme doit généralement partager ses gains avec ses fournisseurs et ses distributeurs. Si les différents niveaux de la chaîne de valeur sont intégrés, les gains de l'innovation n'ont plus à être partagés. L'intégration devrait donc promouvoir l'innovation. Les auteurs testent cette hypothèse sur des firmes agroalimentaires danoises. L'échantillon comprend 444 firmes agroalimentaires danoises et contient des données sur les années 2000 et 2005. La variable que les auteurs cherchent à expliquer est le nombre de nouveaux produits lancés. Il est assez courant de modéliser ce type de variable par une loi de Poisson. Cependant, environ 30% des firmes de l'échantillon n'ont introduit aucun nouveau produit. Les auteurs préfèrent donc utiliser une variante de la loi de Poisson obtenue en supposant que le nombre d'innovations est égal à 0 avec une certaine probabilité et suit une loi de Poisson avec la probabilité complémentaire. Les auteurs supposent donc que le nombre d'innovation est distribué selon une *zero-inflated Poisson distribution*.

Les auteurs trouvent que l'intégration verticale a un effet positif sur le nombre de lancements de nouveaux produits. L'effet est positif si la firme contrôle une firme amont et aussi si elle contrôle une firme aval. L'effet est aussi positif si la firme est contrôlée par une firme amont ou aval. Certains auteurs avaient émis l'hypothèse que l'intégration amont et l'intégration aval pouvaient avoir des effets très différents. Cela ne semble pas être le cas, toutes les formes d'intégration ont un effet positif et statistiquement significatif. L'effet est cependant plus élevé pour une intégration vers l'aval que pour une intégration vers l'amont. Les auteurs trouvent aussi que le nombre de nouveaux produits introduits augmentent lorsque la firme est liée par des contrats de long terme avec ses fournisseurs et avec ses clients. Le pourcentage des ventes et des achats couverts par des contrats ont des effets positifs et significatifs sur l'innovation. Ces contrats sont interprétés comme des *proxy* de l'intégration de la firme dans un réseau de partenaires. Les auteurs essaient aussi de déterminer l'influence du pouvoir de marché de la firme. Ils approximent le pouvoir de marché par le nombre de firmes

aval achetant au moins 75% de leurs inputs auprès de la firme et par le nombre de firmes amont vendant au moins 75% de leurs outputs à la firme. Ces deux variables ont des coefficients positifs et significatifs. Les firmes ayant un pouvoir de marché plus élevé semblent lancer plus de nouveaux produits. Les auteurs trouvent aussi que le nombre de nouveaux produits lancés augmente avec la taille de la firme et est plus élevé si la firme est exportatrice.

12.3 Effets d'une entrée sur l'innovation des firmes en place

Aghion, Blundell, Griffith, Howitt et Prantl (2009) étudient la réaction d'une firme en place à l'entrée d'un concurrent. Ils se focalisent sur l'innovation par la firme en place. Ils s'efforcent de vérifier empiriquement l'idée que la réponse de la firme en place dépend de son stock de connaissances initial. Si la firme en place est très proche de la "frontière technologique", elle va augmenter ses efforts de R&D pour tenter de dissuader l'entrant potentiel et pour réduire l'intensité de la concurrence avec l'entrant en prenant une avance technologique. La firme s'efforce "d'échapper à la concurrence" en innovant. En revanche, si la firme en place est relativement éloignée de la "frontière technologique", alors l'entrant potentiel aura probablement un avantage technologique sur la firme en place et cette dernière aura beaucoup de mal à réduire cet écart. La firme en place peut alors "se décourager", réduire ses efforts d'innovation et se résigner à perdre ses parts de marché au profit de l'entrant. L'hypothèse est donc que l'entrée ou la menace d'entrée d'un concurrent stimule l'innovation par les firmes en place performantes et déprime l'innovation par les firmes en place accusant un retard technologique.

Pour tester cette hypothèse, les auteurs utilisent des données provenant de firmes britanniques pendant la période 1987-1993. Ils retiennent successivement deux variables dépendantes : le niveau de productivité de la firme, puis, le nombre de brevets déposés par la firme. Les auteurs introduisent dans les variables explicatives, la distance de la firme à la frontière technologique. Cette distance est mesurée par la productivité de la firme relativement à la productivité des firmes américaines présentes dans le même secteur (les firmes américaines étant souvent très proches de la frontière technologique). Pour l'entrée, les auteurs retiennent l'entrée de firmes étrangères par la construction d'un nouveau site de production (*greenfield entry*). Ils se focalisent sur les firmes étrangères car les firmes multinationales ont généralement une productivité plus élevée que les firmes nationales et sont donc généralement proches de la frontière technologique. L'entrée de firmes étrangères est probablement influencé par le niveau technologique de la firme en place et par sa capacité d'innovation. Les estimations peuvent donc souffrir de biais d'endogénéité. Pour contourner ce problème, les auteurs utilisent des variables instrumentales. Les instruments sont des mesures de politique économique ayant favorisé l'entrée de nouvelles firmes. Ces mesures sont la constitution du marché unique européen et les mesures prises par le gouvernement Thatcher pour privatiser et libéraliser les différentes industries britanniques.

Les auteurs commencent par présenter les régressions expliquant les variations de productivité de la

firme en place. L'entrée d'un concurrent est associée à un coefficient positif et statistiquement significatif. L'entrée d'un concurrent stimule donc l'innovation de la firme en place. La distance à la frontière a aussi un effet positif et statistiquement significatif. Les firmes ayant un retard technologique important ont plus de possibilité d'accroître leur productivité. En revanche, la variable construite en faisant le produit de l'entrée d'un concurrent et de la distance à la frontière est associée à un coefficient négatif et statistiquement significatif. L'effet négatif de l'effet croisé correspond bien à l'hypothèse des auteurs. Si la firme est proche de la frontière, cet effet est très faible et l'effet positif associé à l'entrée d'un concurrent domine. Si la firme est très éloignée de la frontière, l'effet négatif du terme croisé domine l'effet positif associé à l'entrée d'un concurrent et l'entrée d'un concurrent se traduit par moins une progression plus faible de la productivité de la firme en place. Les résultats empiriques sont bien en ligne avec l'hypothèse avancée par les auteurs.

Les auteurs utilisent ensuite le nombre de brevets déposés aux USA par les firmes britanniques pour mesurer l'innovation des firmes britanniques. La composition de l'échantillon utilisé pour ces régressions est assez différente de celle de l'échantillon utilisé pour régresser la productivité. Le nouvel échantillon comprend beaucoup moins de firmes et ces firmes sont surtout des grandes firmes (trois quart sont cotées en bourse). Les résultats sont cependant similaires à ceux obtenus avec la première variable dépendante. L'entrée et la distance à la frontière sont associés à des coefficients positifs et l'effet croisé est associé à un coefficient négatif et statistiquement significatif.

Parmi les tests de robustesse et les extensions possibles, les auteurs reprennent leurs estimations mais en considérant l'entrée de concurrents britanniques (à la place de concurrents étrangers). Les auteurs avancent que ces firmes nationales sont probablement plus éloignées en moyenne de la frontière technologique que les firmes multinationales. En outre, les nouveaux entrants nationaux sont en moyenne des petites firmes, qui peuvent avoir des contraintes financières fortes. Les effets attendus peuvent alors être assez différents. Notamment, les firmes en place peuvent ne pas se sentir menacées par un entrant qui est une PME ayant des contraintes financières. Les coefficients obtenus dans les différentes régressions ne sont pas statistiquement significatifs. L'entrée de firmes nationales ne semble pas modifier sensiblement les efforts d'innovation des firmes en place.

12.4 R&D et structure financière

Aghion, Bond, Klemm et Marinescu (2004) utilisent un échantillon de 900 entreprises cotées à la bourse de Londres pour rechercher si la structure financière des firmes diffère selon leur niveau de R&D. L'étude porte sur les années 1990-2002. Les firmes retenues dans l'échantillon sont des firmes manufacturières, extractives ou appartenant au domaine de la construction. Les sociétés de service, notamment de services financiers, ont été exclues. L'intensité de la R&D des firmes est mesurée par le ratio dépenses de R&D sur chiffre d'affaires. 43% des firmes de l'échantillon déclarent des dépenses de R&D positives pour au moins une année de l'étude. Parmi les firmes déclarant des dépenses positives de R&D, l'intensité de la R&D est très variable.

La moyenne est de 3,09% (écart type 7,44%). Cette moyenne est supérieure au troisième quartile de la distribution : 3,03% (médiane 1,34%, premier quartile 0,54%).

Le premier ratio auquel les auteurs s'intéressent est le rapport entre la dette et les actifs de la firme. Les auteurs introduisent deux variables de R&D parmi les variables explicatives. Une *dummy* indiquant si les dépenses de R&D sont positives et l'intensité de la R&D (en pourcentage du chiffre d'affaires). Le coefficient associé à la variable *dummy* est positif et statistiquement significatif à 1%. Le coefficient associé à l'intensité de la R&D est négatif et significatif à 1%. La relation entre R&D et taux d'endettement semble donc linéaire. Les firmes faisant de la R&D sont plus endettées que les firmes n'en faisant pas ; mais, le taux d'endettement décroît lorsque les dépenses de R&D augmentent. Les firmes ayant des dépenses de R&D supérieures à 10% de leur chiffre d'affaires sont moins endettées que les firmes ne faisant pas de R&D. Les variables de contrôle ont les signes attendus : l'endettement augmente avec la taille de la firme et diminue avec la profitabilité de la firme. Le signe négatif du coefficient associé à l'intensité de la R&D est robuste à l'introduction d'effets fixes pour les firmes (la variable *dummy* doit être retirée lorsqu'on introduit des effets fixes).

La deuxième variable financière à laquelle les auteurs s'intéressent est l'émission de nouvelles actions. Ils estiment un modèle *logit* pour étudier l'influence de la R&D sur la probabilité d'augmentation de capital. Les firmes faisant de la R&D recourent plus souvent que les autres à des augmentations de capital. Les deux variables de R&D (*dummy* et intensité) ont des coefficients estimés positifs et significatifs à 1%. Les firmes plus grandes, ayant un taux de croissance plus élevé et ayant un taux de rendement plus fort recourent aussi plus souvent à des augmentations de capital.

Les auteurs s'intéressent enfin à la composition de la dette : bancaire ou non, sécurisée ou non. La proportion de la dette contractée auprès d'une banque dans la dette totale est plus faible pour les firmes faisant de la R&D. Les coefficients associés aux deux variables de R&D sont négatifs (et significatifs à 1% ou à 5%). Cette proportion diminue lorsque la taille des firmes ou leur taux de croissance augmentent et augmente avec le taux de profitabilité des firmes. La proportion de la dette non sécurisée est plus élevée pour les firmes effectuant de la R&D (le coefficient associé à la *dummy* est positif et significatif à 1%). Le coefficient associé à l'intensité de la R&D est aussi positif mais il n'est pas statistiquement significatif.

13 Conclusion

References

- [1] ACEMOGLU Daron, Philippe AGHION et Fabrizio ZILIBOTTI (2006), Distance to frontier, selection, and economic growth, *Journal of the European Economic Association*, 4 (1), 37-74.
- [2] AGHION Philippe, Nick BLOOM, Richard BLUNDELL, Rachel GRIFFITH et Peter HOWITT (2005), Competition and innovation: an inverted-U relationship, *Quarterly Journal of Economics*, 120 (2), 701-728.
- [3] AGHION Philippe, Richard BLUNDELL, Rachel GRIFFITH, Peter HOWITT et Susanne PRANTL (2004), Entry and productivity growth: evidence from microlevel panel data, *Journal of the European Economic Association*, 2 (2-3), 265-276.
- [4] AGHION Philippe, Richard BLUNDELL, Rachel GRIFFITH, Peter HOWITT et Susanne PRANTL (2009), The effects of entry on incumbent innovation and productivity, *Review of Economics and Statistics*, 91 (1), 20-32.
- [5] AGHION Philippe, Stephen BOND, Alexander KLEMM et Ioana MARINESCU (2004), Technology and financial structure: are innovative firms different?, *Journal of the European Economic Association*, 2 (2-3), 277-288.
- [6] AGHION Philippe, Christopher HARRIS et John VICKERS (1997), Competition and growth with step-by-step innovation: an exemple, *European Economic Review, Papers and Proceedings*, 41, 771-782.
- [7] AGHION Philippe, Christopher HARRIS, Peter HOWITT et John VICKERS (2001), Competition, imitation and growth with step-by-step innovation, *Review of Economic Studies*, 68, 467-492.
- [8] AGHION Philippe et Jean TIROLE (1994), The management of innovation, *Quarterly Journal of Economics*, 109 (4), 1186-1209.
- [9] ALLISON John R. et Mark A. LEMLEY (1998), Empirical analysis of the validity of litigated patents, *American Intellectual Property Law Association Quarterly Journal*, 26 (3), 185-275.
- [10] ALLISON John R. et Mark A. LEMLEY (2000), Who's patenting what? An empirical exploration of patent prosecution, *Vanderbilt Law Review*, 53 (6), 2099-2174.
- [11] ALLISON John R., Mark A. LEMLEY, Kimberly A. MOORE et R. Derek TRUNKEY (2004), Valuable patents, *Georgetown Law Journal*, 92 (3), 435-480.
- [12] AMIR Rabah (2000), Modelling imperfectly appropriable R&D via spillovers, *International Journal of Industrial Organization*, 18, 1013-1032.

- [13] AMIR Rabah (2000b), R&D returns, market structure and research joint ventures, *Journal of Institutional and Theoretical Economics*, 156, 583-598.
- [14] AMIR M., Rabah AMIR et J. JIN (2000), Sequencing R&D decisions in a two-period model with spillovers, *Economic Theory*, 15, 297-317.
- [15] AMIR Rabah, I. EVSTIGNEEV et John WOODERS (2003), Noncooperative versus cooperative R&D with endogenous spillover rates, *Games and Economic Behavior*, 42, 183-207.
- [16] AMIR Rabah, Christine HALMENSCHLAGER et Jim JIN (2011), R&D-induced industry polarization and shake-outs, *International Journal of Industrial Organization*, 29, 386-398.
- [17] AMIR Rabah, Jim Y. JIN et Michael TROEGE (2008), On additive spillovers and returns to scale in R&D, *International Journal of Industrial Organization*, 26, 695-703.
- [18] AMIR Rabah et J. WOODERS (1998), Cooperation vs competition in R&D : the role of stability of equilibrium, *Journal of Economics*, 67 (1), 63-73.
- [19] AMIR Rabah et J. WOODERS (1999), Effects of one-way spillover on market shares. Industry price, welfare and R&D cooperation, *Journal of Economics and Management Strategy*, 8, 223-249.
- [20] AMIR Rabah et John WOODERS (2000), One-way spillovers, endogenous innovator/imitator roles, and research joint ventures, *Games and Economic Behavior*, 31, 1-25.
- [21] ANAND Bharat N. et Tarun KHANNA (2000), The structure of licensing contracts, *Journal of Industrial Economics*, 48 (1), 103-135.
- [22] ANBARCI N., R. LEMKE et R. SANTANU (2002), Inter-firm complementarities in R&D: a re-examination of the relative performance of joint ventures, *International Journal of Industrial Organization*, 20, 191-213.
- [23] ANTON James J. et Dennis A. YAO (1994), Expropriation and inventions: appropriable rents in the absence of property rights, *American Economic Review*, 84 (1), 190-209.
- [24] ANTON James J. et Dennis A. YAO (2002), The sale of ideas: strategic disclosure, property rights and contracting, *Review of Economic Studies*, 69, 513-531.
- [25] ANTON James J. et Dennis A. YAO (2003), Patents, invalidity, and strategic transmission of enabling information, *Journal of Economics and Management Strategy*, 23, 151-178.
- [26] ANTON James J. et Dennis A. YAO (2004), Little patents and big secrets: managing intellectual property, *Rand Journal of Economics*, 35 (1), 1-22.
- [27] AOKI Reiko et Jin-Li HU (1999), Licensing vs litigation: the effect of the legal system on incentives to innovate, *Journal of Economics and Management Strategy*, 8 (1), 133-160.

- [28] ARMOUR H.O. et D.J. TEECE (1980), Vertical integration and the technological innovation, *Review of Economics and Statistics*, 62 (3), 470-474.
- [29] ATHEY S. et A. SCHMUTZLER (2001), Investment and market dominance, *Rand Journal of Economics*, 32 (1), 1-26.
- [30] BARANES Edmond et Jean-Philippe TROPEANO (2003), Why are technological spillovers spatially bounded ? A market orientated approach, *Regional Science and Urban Economics*, 33, 445-466.
- [31] BAUMOL W. (1992), Horizontal collusion and innovation, *Economic Journal*, 102 (410), 129-137.
- [32] BAUMOL W.J. (2001), When is inter-firm coordination beneficial ? The case of innovation, *International Journal of Industrial Organization*, 19, 727-737.
- [33] BEATH J., Y. KATSOULACOS et D. ULPH (1987), Sequential product innovation and industry evolution, *Economic Journal*, 97, 32-43.
- [34] BEATH J., J. POYAGO-THEOTOKY et D. ULPH (1997), Information sharing and research design in R&D with spillovers, *Bulletin of Economic Research*, ?, ?-?.
- [35] BEGGS A.W. (1992), The licensing of patents under asymmetric information, *International Journal of Industrial Organization*, 10, 171-191.
- [36] BELDERDOS R., M. CARREE, B. DIEDEREN, B. LOKSHIN et R. VEUGELERS (2004), Heterogeneity in R&D cooperation strategies, *International Journal of Industrial Organization*, 22 (8), 1237-1263.
- [37] BENOIT Jean-Pierre (1985), Innovation and imitation in a duopoly, *Review of Economic Studies*, 52, 99-106.
- [38] BERNSTEIN J. et M.I. NADIRI (1988), Interindustry R&D spillovers, rate of returns, and production in high technology industries, *American Economic Review*, 78, 429-434.
- [39] BESSEN James (2004), Holdup and licensing of cumulative innovations with private information, *Economics Letters*, 82, 321-326.
- [40] BESSEN James E. et Michael J. MEURER (2005), The patent litigation explosion, mimeo.
- [41] BESSEN James E. et Michael J. MEURER (2006a), Patent litigation with endogenous disputes, *American Economic Review, Papers and Proceedings*, 96 (2), 77-81.
- [42] BESSEN James E. et Michael J. MEURER (2006b), Patent litigation with endogenous disputes, mimeo.
- [43] BHATTACHARYA Sudipto et Dilip MOOKHERJEE (1986), Portfolio choice in research and development, *Rand Journal of Economics*, 17 (4), 594-605.

- [44] BHATTACHARYA Sudipto et J. RITTER (1983), Innovation and communication : signalling with partial disclosure, *Review of Economic Studies*, 50, 331-346.
- [45] BLAKENEY Michael (2011), Recent developments in intellectual property and power in the private sector related to food and agriculture, *Food Policy*, 36, S109-S113.
- [46] BLOOM N., R. GRIFFITH et J. VAN REENEN (2002), Do R&D credits work? Evidence from a panel of countries 1979-1997, *Journal of Public Economics*, 85, 1-31.
- [47] BLUNDELL Richard , Rachel GRIFFITH et J. VAN REENEN (1999), Innovation by leaders, *Review of Economics Studies*, 66 (?), 529-554.
- [48] BOONE J. (2001), Intensity of competition and the incentive to innovate, *International Journal of Industrial Organization*, 19, 705-726.
- [49] BOONE J. (2008), A new way to measure competition, *Economic Journal*, 118, 1245-1261.
- [50] BOUSQUET A., H. CREMER, M. IVALDI et M. WOLKOWICZ (1998), Risk sharing in licensing, *International Journal of Industrial Organization*, 16, 535-554.
- [51] BRANDER James A. et Barbara J. SPENCER (1983), Strategic commitment with R&D: the symmetric case, *Bell Journal of Economics*, 14, 225-235.
- [52] BROD Andrew et Ram SHIVAKUMAR (1997a), Domestic versus international R&D spillovers, *Economics Letters*, 56, 229-233.
- [53] BROD Andrew et Ram SHIVAKUMAR (1997b), R&D cooperation and the joint exploitation of R&D, *Canadian Journal of Economics*, 30 (3), 673-684.
- [54] BRODLEY J. (1990), Antitrust law and innovation cooperation, *Journal of Economic Perspectives*, 4, 97-112.
- [55] BUDD C., Christopher HARRIS et John VICKERS (1993), A model of the evolution of duopoly: does the asymmetry between firms tend to increase or decrease?, *Review of Economic Studies*, 60, 543-573.
- [56] BULUT Harun et GianCarlo MOSCHINI (2006), Patents, trade secrets and the correlation among R&D projects, *Economics Letters*, 91, 131-137.
- [57] CABRAL Luís (1994), Bias in market R&D portfolios, *International Journal of Industrial Organization*, 12, 533-547.
- [58] CABRAL Luís (2000), R&D cooperation and product market competition, *International Journal of Industrial Organization*, 18, 1033-1047.
- [59] CABRAL Luís M. B. (2003), R&D competition when firms choose variance, *Journal of Economics & Management Strategy*, 12 (1), 139-150.

- [60] CAMPISI D., P. MANCUSO et A. NASTASI (2001), R&D competition, absorptive capacity and market shares, *Journal of Economics*, 73 (1), 57-80.
- [61] CARDON J.H. et D. SASAKI (1998), Preemptive search and R&D clustering, *Rand Journal of Economics*, 29, 324-338.
- [62] CASSIMAN Bruno, David PÉREZ-CASTRILLO et Reinhilde VEUGELERS (2002), Endogenizing know-how through the nature of R&D investments, *International Journal of Industrial Organization*, 20, 775-799.
- [63] CASSIMAN Bruno et Reinhilde VEUGELERS (2002), R&D cooperation and spillovers : some empirical evidence from Belgium, *American Economic Review*, 92 (4), 1169-1184.
- [64] CECCAGNOLI M. (2005), Firm heterogeneity, imitation, and the incentives for cost reducing R&D, *Journal of Industrial Economics*, 53 (1), 83-100.
- [65] CHANG Howard F. (1995), Patent scope, antitrust policy, and cumulative innovation, *Rand Journal of Economics*, 26 (1), 34-57.
- [66] CHIAO Benjamin, Josh LERNER et Jean TIROLE (2007), The rules of standard setting organizations: an empirical analysis, *Rand Journal of Economics*, 38 (4), 905-930.
- [67] CHOI J.P. (1990), Market structure, incentive to patent and the pace of innovation, *Economics Letters*, 34, 277-283.
- [68] CHOI J.P. (1991), Dynamic R&D competition under 'hazard rate' uncertainty, *Rand Journal of Economics*, 22, 596-610.
- [69] CHOI J.P. (1993), Cooperative R&D with product market competition, *International Journal of Industrial Organization*, 11, 553-571.
- [70] CHOI Jay Pil (1998), Patent litigation as an information-transmission mechanism, *American Economic Review*, 88 (5), 1249-1263.
- [71] CHOI J.P. (2001), Technology transfer with moral hazard, *International Journal of Industrial Organization*, 19, 249-266.
- [72] CHOI Jay Pil (2005), Live and let live: a tale of weak patents, *Journal of European Economic Association*, 3 (2-3), 724-733.
- [73] CHU Christian A. (2001), Empirical analysis of Federal circuit's claim construction trends, *Berkeley Technology Law Journal*, 16 (3), 1075-1164.
- [74] COCKBURN I.M. et R.M. HENDERSON (1998), Absorptive capacity, coauthoring behavior and the organization of research in drug discovery, *Journal of Industrial Economics*, 46, 157-182.

- [75] COHEN W.M. et D.A. LEVINTHAL (1989), Innovation and learning : the two faces of R&D, *Economic Journal*, 99, 569-596.
- [76] COHEN W.M. et D.A. LEVINTHAL (1990), Absorptive capacity : a new perspective on learning and innovation, *Administrative Science Quarterly*, 35, 128-152.
- [77] COMBS K. L. (1992), Cost sharing vs. multiple research projects in cooperative R&D, *Economics Letters*, 39, 353-357.
- [78] CRAMPES Claude et Corinne LANGINIER (1998), Information disclosure in the renewal of patents, *Annales d'Economie et de Statistiques*, 49/50, 266-288.
- [79] CRAMPES Claude et Corinne LANGINIER (2002), Litigation and settlement in patent infringement cases, *Rand Journal of Economics*, 33 (2), 258-274.
- [80] CZARNITSKI D., P. HANEL et J. MIGUEL ROSA (2011), Evaluating the impact of R&D tax credits on innovation: a microeconomic study on canadian firms, *Research Policy*, 40, 217-229.
- [81] CZARNITSKI D. et C. LOPES BENTO (2013), Value for money? New microeconomics evidence on public R&D grants in Flanders, *Research Policy*, 42, 76-89.
- [82] DASGUPTA Partha et E. MASKIN (1987), The simple economics of research portfolio, *Economic Journal*, 97, 581-595.
- [83] DASGUPTA Partha et Joseph STIGLITZ (1980), Industrial structure and the nature of innovative activity, *Economic Journal*, 90, 266-293.
- [84] DASGUPTA Partha et Joseph STIGLITZ (1980), Uncertainty, industrial structure and the speed of R&D, *Bell Journal of Economics and Management Science*, 11, 1-28.
- [85] D'ASPROMONT Claude et Alexis JACQUEMIN (1988), Cooperative and noncooperative R&D in duopoly with spillovers, *American Economic Review*, 78 (5), 1133-1137.
- [86] D'ASPROMONT Claude et Alexis JACQUEMIN (1990), Cooperative and noncooperative R&D in duopoly with spillovers : erratum, *American Economic Review*, 80 (3), 641-642.
- [87] DAVID ?, B. HALL et A. TOOLE (2000), Is public R&D a complement or a substitute for private R&D? A review of the econometric evidence, *Research Policy*, 29, 497-529.
- [88] DE BONDT Raymond (1996), Spillovers and innovative activities, *International Journal of Industrial Organization*, 15, 1-28.
- [89] DE BONDT Raymond et Irene HENRIQUES (1995), Strategic investment with asymmetric spillovers, *Canadian Journal of Economics*, 28 (3), 656-674.

- [90] DE BONDT Raymond, Patrick SLAETS et Bruno CASSIMAN (1992), The degree of spillovers and the number of rivals for maximum effective R&D, *International Journal of Industrial Organization*, 10, 35-54.
- [91] DE BONDT R., L. SLEUWAEGEN et R. VEUGELERS (1988), Innovative strategic groups in multinational industries, *European Economic Review*, 32, 905-926.
- [92] DE BONDT R. et J. VANDEKERCKHOVE (2010), Inverted U relations and innovative activities, *Review of Business and Economics*, 35 (3), 298-308.
- [93] DE BONDT Raymond et Reinhilde VEUGELERS (1991), Strategic investment with spillovers, *European Journal of Political Economy*, 7, 345-366.
- [94] DE BROCK L.M. (1985), Market structure, innovation, and optimal patent life, *Journal of Law and Economics*, 28, 223-244.
- [95] DELBONO Flavio et Vincenzo DENICOLO (1990), R&D investment in a symmetric and homogeneous oligopoly : Bertrand vs Cournot, *International Journal of Industrial Organization*, 8, 297-314.
- [96] DELBONO Flavio et Vincenzo DENICOLO (1991), Incentives to innovate in a Cournot oligopoly, *Quarterly Journal of Economics*, 106, 951-961.
- [97] DENICOLO Vincenzo (2002), Sequential innovation and the patent-antitrust conflict, *Oxford Economic Papers*, 54 (4), 649-668.
- [98] DENICOLO V. et L. A. FRANZONI (2004), Patents, secrets and the first inventor defense, *Journal of Economics and Management Strategy*, 13 (3), 517-538.
- [99] DENICOLO Vincenzo et Christine HALMENSCHLAGER (2012), Optimal patentability requirements with complementary innovations, *European Economic Review*, 56 (2), 190-204.
- [100] DIXIT Avinash (1988), A general model of R&D competition and policy, *Rand Journal of Economics*, 19 (3), 317-326.
- [101] DIXON H.D. (1985), Strategic investment in a competitive industry, *Journal of Industrial Economics*, 33, 205-212.
- [102] DOSI G. (1988), Sources, procedures, and microeconomic effects of innovation, *Journal of Economic Literature*, 26, 1120-1171.
- [103] DUBEY Pradeep et Chien-wei WU (2002), When less competition induces more product innovation, *Economics Letters*, 74, 309-312.
- [104] EATON B. Curtis et Mukesh ESWARAN (1997), Technology-trading coalitions in supergames, *Rand Journal of Economics*, 28 (1), 135-149.

- [105] EATON B. Curtis et Mukesh ESWARAN (2001), Know-how sharing with stochastic innovations, *Canadian Journal of Economics*, 34 (2), 525-548.
- [106] ERUTKU C. et Y. RICHELLE (2006), Licensing a new product with non-linear contracts, *Canadian Journal of Economics*, 39 (3), 932-947.
- [107] ETRO Federico (2004), Innovation by leaders, *Economic Journal*, 114 (?), 281-303.
- [108] FARRELL Joseph et Robert P. MERGES (2004), Incentives to challenge and defend patents: why litigation won't reliably fix patent office errors and why administrative patent review might help, *Berkeley Technology Law Journal*, 19 (3), 943-970.
- [109] FARRELL Joseph et Carl SHAPIRO (2008), How strong are weak patents?, *American Economic Review*, 98 (4), 1347-1369.
- [110] FAULI-OLLER R. et J. SANDONIS (2002), Welfare reducing licensing, *Games and Economic Behavior*, 41, 192-205.
- [111] FILIPPINI L. (2005), Licensing contract in a Stackelberg model, *The Manchester School*, 73, 582-598.
- [112] FLAHERTY M.T. (1980), Industry structure and cost-reducing investment, *Econometrica*, 48, 1187-1209.
- [113] FLATH D. (2011), Industrial concentration, price-cost margins and innovation, *Japan and the World Economy*, 23 (2), 129-139.
- [114] FOSFURI A. (2006), The strategic licensing dilemma: understanding the determinants of the rate of the technology licensing, *Strategic Management Journal*, 27 (12), 1141-1158.
- [115] FRIEDMAN D.D., W.M. LANDES et R.A. POSNER (1991), Some economics of trade secret law, *Journal of Economic Perspectives*, 5, 61-72.
- [116] FU Qiang, Jingfeng LU et Yuanzhu LU (2012), Incentivizing R&D: Prize or subsidies?, *International Journal of Industrial Organization*, 30 (1), 67-79.
- [117] GALASSO Alberto et Mark SCHANKERMAN (2010), Patent thickets, courts, and the market for innovation, *Rand Journal of Economics*, 41 (3), 472-503.
- [118] GALLINI Nancy (1984), Deterrence by market sharing : a strategic incentive for licensing, *American Economic Review*, 74 (5), 931-941.
- [119] GALLINI Nancy T. (1992), Patent policy and costly imitation, *Rand Journal of Economics*, 23 (1), 52-63.
- [120] GALLINI Nancy T. (2002), The economics of patents: lessons from recent U.S. patent reform, *Journal of Economic Perspectives*, 16 (2), 131-154.

- [121] GALLINI Nancy T. et Ralph A. WINTER (1985), Licensing in the theory of innovation, *Rand Journal of Economics*, 16 (2), 237-252.
- [122] GALLINI Nancy T. et Brian D. WRIGHT (1990), Technology transfer under asymmetric information, *Rand Journal of Economics*, 21 (1), 147-160.
- [123] GANDAL N et Suzanne SCOTCHMER (1993), Coordinating research through research joint ventures, *Journal of Public Economics*, 51, 173-193.
- [124] GANS J. S., D.H. HSU et S. STERN (2002), When does start-up innovation spur the gale of creative destruction?, *Rand Journal of Economics*, 33 (4), 571-586.
- [125] GANS J. S. et S. STERN (2000), Incumbency and R&D incentives: licencing the gale of creative destruction, *Journal of Economics and Management Strategy*, 9 (4), 485-511.
- [126] GELABERT L., A. FOSFURO et J. TRIBO (2009), Does the effect of public support for R&D depend on the degree of appropriability?, *Journal of Industrial Economics*, 57, 736-767.
- [127] GEROSKI P.A. (1992), Vertical relations between firms and industrial policy, *Economic Journal*, 102, 138-147.
- [128] GERSBACH Hans et Armin SCHMUTZLER (1999), External spillovers, internal spillovers and the geography of production and innovation, *Regional Science and Urban Economics*, 29, 679-696.
- [129] GHEMAWAT P. et A.M. SPENCE (1985), Learning curve spillovers and market performance, *Quarterly Journal of Economics*, 100, 839-852.
- [130] GILBERT Richard et David NEWBERY (1982), Preemptive patenting and the persistence of monopoly, *American Economic Review*, 72 (3), 514-526.
- [131] GILBERT Richard et David NEWBERY (1984a), Uncertain innovation and the persistence of monopoly : comment, *American Economic Review*, 74 (1), 238-242.
- [132] GILBERT Richard et David NEWBERY (1984b), Preemptive patenting and the persistence of monopoly : reply, *American Economic Review*, 74 (1), 251-253.
- [133] GILBERT Richard et Carl SHAPIRO (1990), Optimal patent length and breadth, *Rand Journal of Economics*, 21 (1), 106-112.
- [134] GOEREE M. et E. HELLAND (2010), Do research joint ventures serve a collusive function?, mimeo.
- [135] GONZÁLEZ X., J. JAUMANDREU et C. PAZO (2005), Barriers to innovation and subsidy effectiveness, *Rand Journal of Economics*, 36, 930-950.
- [136] GORDANIER John et Chun-Hui MIAO (2011), On the duration of technology licencing, *International Journal of Industrial Organization*, 29, 755-765.

- [137] GOYAL S. et J.L. MORAGA-GONZÁLEZ (2001), R&D networks, *Rand Journal of Economics*, 32, 686-707.
- [138] GREEN Jerry R. et Suzanne SCOTCHMER (1995), On the division of profit in sequential innovation, *Rand Journal of Economics*, 26 (1), 20-33.
- [139] GRÜNFELD Leo A. (2003), Meet me halfway but don't rush : absorptive capacity and strategic R&D investment revisited, *International Journal of Industrial Organization*, 21, 1091-1109.
- [140] HALL B. H. et J. VAN REENEN (2000), How effective are fiscal incentives for R&D? A review of evidence, *Research Policy*, 29, 449-469.
- [141] HARHOFF D. (1996), Strategic spillovers and incentives for research and development, *Management Science*, 42 (6), 907-925.
- [142] HARRIS Christopher et John VICKERS (1987), Racing with uncertainty, *Review of Economic Studies*, 54, 1-21.
- [143] HARTWICK J. (1984), Optimal R&D levels when firm j benefits from firm i 's inventive activity, *Economics Letters*, 16, 165-170.
- [144] HAUENSCHILD N. (2003), On the role of input and output spillovers when R&D projects are risky, *International Journal of Industrial Organization*, 21, 1065-1089.
- [145] HAUSMAN Jerry, Greg LEONARD et Jean TIROLE (2003), On nonexclusive membership in competing joint ventures, *Rand Journal of Economics*, 34 (1), 43-62.
- [146] HAUSMAN J.A. et J.K. MACKIE-MASON (1988), Price discrimination and patent policy, *Rand Journal of Economics*, 19, 253-265.
- [147] HENDERSON R. et I. COCKBURN (1996), Scale, scope and spillovers : the determinants of research productivity in drug discovery, *Rand Journal of Economics*, 27, 32-59.
- [148] HENRIQUES Irene (1990), Cooperative and noncooperative R&D in duopoly with spillovers : comment, *American Economic Review*, 80 (3), 638-640.
- [149] HERNANDEZ-MURILLO R. et G. LLOBET (2006), Patent licensing revisited: heterogeneous firms and product differentiation, *International Journal of Industrial Organization*, 24, 149-175.
- [150] HINLOOPEN J. (1997), Subsidizing cooperative and noncooperative R&D in duopoly with spillovers, *Journal of Economics*, 66, 151-175.
- [151] HINLOOPEN J. (2000?), More on subsidizing cooperative and noncooperative R&D in duopoly with spillovers, *Journal of Economics*, ??, ??-??.

- [152] HINLOOPEN J. (2000?), Strategic R&D cooperatives, *Research in Economics*, ??, ??-??.
- [153] HINLOOPEN J. (2003), R&D efficiency gains due to cooperation, *Journal of Economics*, 80, 107-125.
- [154] HINLOOPEN J. et J. VANDEKERCKHOVE (2009), Dynamic efficiency of Cournot and Bertrand competition: input versus output spillovers, *Journal of Economics*, 98 (2), 119-136.
- [155] HOROWITZ I. (1963), Research inclinations of a Cournot oligopolist, *Review of Economic Studies*, 30, 128-130.
- [156] HORSTMAN I, G. MAC DONALD et A. SLIVINSKY (1985), Patents as information transfer mechanisms : to patent or (maybe) not to patent, *Journal of Political Economy*, 93, 837-858.
- [157] HOVENKAMP Herbert, Mark D. JANIS et Mark A. LEMLEY (2003), Anticompetitive settlement of intellectual property disputes, *Minnesota Law Review*, 87 (6), 1719-1766.
- [158] HOWITT Peter et David MAYER-FOULKES (2005), R&D, implementation and stagnation: a schumpeterian theory of convergence clubs, *Journal of Money, Credit and Banking*, 37 (1), 147-177.
- [159] ISHIDA J., Toshihiro MATSUMURA et Noriaki MATSUSHIMA (2011), Market competition, R&D and firm profits in asymmetric oligopoly, *Journal of Industrial Economics*, 59 (3), 484-505.
- [160] JACQUEMIN A. (1988), Cooperative agreements in R&D and european antitrust policy, *European Economic Review*, 32, 551-560.
- [161] JENSEN Richard et Dean SHOWALTER (2004), Strategic debt and patent races, *International Journal of Industrial Organization*, 22, 887-915.
- [162] JIN J. et M. TROEGE (2006), R&D competition and endogenous spillovers, *The Manchester School*, 74, 40-51.
- [163] JORDE T.M. et D.J. TEECE (1990), Innovation and cooperation : implications for competition and antitrust, *Journal of Economic Perspectives*, 4, 75-96.
- [164] KABIRAJ Tarun (2004), Patent licensing in a leadership structure, *The Manchester School*, 72, 188-205.
- [165] KABIRAJ Tarun (2005), Technology transfer in a Stackelberg structure: licensing contracts and welfare, *The Manchester School*, 73, 1-28.
- [166] KABIRAJ Tarun (2007), On the incentives for cooperative research, *Research in Economics*, 61, 17-23.
- [167] KABIRAJ Tarun et A. MUKHERJEE (2005), Cooperation in R&D and production - A three-firm analysis, *Journal of Economics*, 71, 281-304.

- [168] KAMIEN Morton, Eitan MULLER et Israel ZANG (1992), Research Joint Ventures and R&D cartels, *American Economic Review*, 82 (5), 1293-1306.
- [169] KAMIEN M., S. OREN et Y. TAUMAN (1992), Optimal licensing of a cost-reducing innovation, *Journal of Mathematical Economics*, 21, 483-508.
- [170] KAMIEN Morton et N. SCHWARTZ (1974), Patent life and R&D rivalry, *American Economic Review*, 64, 183-187.
- [171] KAMIEN M. et N. SCHWARTZ (1975), Market structure and innovation: a survey, *Journal of Economic Literature*, 13, 1-37.
- [172] KAMIEN M. et N. SCHWARTZ (1976), On the degree of rivalry for maximum innovative activity, *Quarterly Journal of Economics*, 90, 245-260.
- [173] KAMIEN M. et Y. TAUMAN (1984), The private value of a patent: a game theoretic analysis, *Journal of Economics*, 4, 93-118.
- [174] KAMIEN Morton I. et Yair TAUMAN (1986), Fees versus royalties and the private value of a patent, *Quarterly Journal of Economics*, 101, 471-491.
- [175] KAMIEN M. et Y. TAUMAN (2002), Patent licensing: the inside story, *The Manchester School*, 70 (1), 7-15.
- [176] KAMIEN Morton et Israel ZANG (1993), Competing research joint ventures, *Journal of Economics and Management Strategy*, 1, 23-40.
- [177] KAMIEN Morton et Israel ZANG (2000), Meet me halfway: research joint ventures and absorptive capacity, *International Journal of Industrial Organization*, 18, 995-1012.
- [178] KAPLAN Steven N. et Per STROMBERG (2003), Financial contracting theory meets the real world: an empirical analysis of venture capital contracts, *Review of Economic Studies*, 70 (2), 281-315.
- [179] KAPLAN Steven N. et Per STROMBERG (2004), Characteristics, contracts, and actions: evidence from venture capitalist analyses, *Journal of Finance*, 59 (5), 2177-2210.
- [180] KAPLOW Louis (1984), The patent-antitrust intersection: a reappraisal, *Harvard Law Review*, 97 (?), 1813-1889.
- [181] KARANTININIS Kostas, Johannes SAUER et William Hartley FURTAN (2010), Innovation and integration in the agri-food industry, *Food Policy*, 35, 112-120.
- [182] KATO Atsushi (2005), Market structure and the allocation of R&D expenditures, *Economics Letters*, 87, 55-59.

- [183] KATSOUACOS Yannis et David ULPH (1998), Endogenous spillovers and the performance of research joint ventures, *Journal of Industrial Economics*, 46 (3), 333-357.
- [184] KATZ Michael (1986), An analysis of cooperative Research and Development, *Rand Journal of Economics*, 17, 527-543.
- [185] KATZ Michael et J.A. ORDOVER (1990), R and D cooperation and competition, *Brookings Papers on Economic Activity, Microeconomics*, 137-204.
- [186] KATZ Michael et Carl SHAPIRO (1985), On the licensing of innovations, *Rand Journal of Economics*, 16 (4), 504-520.
- [187] KATZ Michael L. et Carl SHAPIRO (1986), How to license intangible property, *Quarterly Journal of Economics*, 101, 567-589.
- [188] KATZ Michael et Carl SHAPIRO (1987), R&D rivalry with licensing or imitation, *American Economic Review*, 77 (3), 402-420.
- [189] KESTELOOT K. et R. VEUGELERS (1993), Stable R&D cooperation with spillovers, *Journal of Economics and Management Strategy*, 4, 651-672..
- [190] KHANNA T. et M. IANSITI (1997), Firm asymmetries and sequential R&D : theory and evidence from the mainframe computer industry, *Management Science*, 43, 405-421.
- [191] KLEMPERER Paul (1990), How broad should the scope of patent protection be ?, *Rand Journal of Economics*, 21 (1), 113-130.
- [192] KLETTE J. (1996), R&D, scope economies, and plant performance, *Rand Journal of Economics*, 27, 502-522.
- [193] KLETTE Tor et David DE MEZA (1986), Is the market biased against risky R&D ?, *Rand Journal of Economics*, 17 (1), 133-139.
- [194] KLINE J. Jude (2000), Research joint ventures and the cost paradox, *International Journal of Industrial Organization*, 18, 1049-1065.
- [195] KOGUT B. (1989), The stability of joint ventures : reciprocity and competitive rivalry, *Journal of Industrial Economics*, 38, 183-198.
- [196] KREMER Michael (1998), Patent buyouts : a mechanism for encouraging innovation, *Quarterly Journal of Economics*, 113, 1137-1168.
- [197] KULTTI Klaus et Tuomas TAKALO (1998), R&D spillovers and information exchange, *Economics Letters*, 61, 121-123.

- [198] LACH S. (2002), Do R&D subsidies stimulate or displace private R&D? Evidence from Israel, *Journal of Industrial Economics*, 50, 369-390.
- [199] LAHIRI S. et Y. ONO (1999), R&D subsidies under asymmetric duopoly : a note, *Japanese Economic Review*, 50, 104-111.
- [200] LAMBERTINI Luca et Gianpaolo ROSSINI (1998), Product homogeneity as a prisoner's dilemma in a duopoly with R&D, *Economics Letters*, 58, 297-301.
- [201] LAMBSON Val E. et Kerk L. PHILLIPS (2007), Market structure and Schumpeterian growth, *Journal of Economic Behavior & Organization*, 62, 47-62.
- [202] LANJOUW J.O. et J. LERNER (2001), Tilting the table? The use of preliminary injunctions, *Journal of Law and Economics*, 44, 573-603.
- [203] LANJOUW Jean O. et Mark SCHANKERMAN (2001), Characteristics of patent litigation: a window on competition, *Rand Journal of Economics*, 32 (1), 129-151.
- [204] LANJOUW J.O. et M. SCHANKERMAN (2004), Protecting intellectual property rights: are small firms handicapped?, *Journal of Law and Economics*, 47, 45-74.
- [205] LEAHY Dermot et Peter J. NEARY (1997), Public policy towards R&D in oligopolistic industries, *American Economic Review*, 87 (4), 642-662.
- [206] LEAHY Dermot et Peter J. NEARY (2005), Symmetric research joint ventures : cooperative substitutes and complements, *International Journal of Industrial Organization*, 21, 381-397.
- [207] LEAHY Dermot et Peter J. NEARY (2007), Absorptive capacity, R&D spillovers, and public policy, *International Journal of Industrial Organization*, ?, à paraître.
- [208] LEE Tom et Louis WILDE (1980), Market structure and innovation : a reformulation, *Quarterly Journal of Economics*, 94, 429-436.
- [209] LEMLEY Mark A. (2001), Rational ignorance at the patent office, *Northwestern University Law Review*, 95 (4), 1497-1532.
- [210] LEMLEY Mark A. et Kimberly A. MOORE (2004), Ending abuse of patent continuations, *Boston University Law Review*, 84 (1), 63-123.
- [211] LEMLEY Mark A. et Carl SHAPIRO (2005), Probabilistic patents, *Journal of Economic Perspectives*, 19 (2), 75-98.
- [212] LERNER Josh (1995), Patenting in the shadow of competitors, *Journal of Law and Economics*, 38 (2), 463-495.

- [213] LERNER Josh et Ulrike MALMENDIER (2010), Contractibility and the design of research agreements, *American Economic Review*, 100 (1), 214-246.
- [214] LERNER Josh et Jean TIROLE (2004), Efficient patent pools, *American Economic Review*, 94 (3), 691-711.
- [215] LERNER Josh et Jean TIROLE (2005), The scope of open source licenses, *Journal of Law Economics and Organization*, 21 (1), 20-56.
- [216] LERNER Josh et Jean TIROLE (2006), A model of forum shopping, *American Economic Review*, 96 (4), 1091-1113.
- [217] LERNER Josh, Marcin STROJWAS et Jean TIROLE (2007), The design of patent pools: the determinants of licensing rules, *Rand Journal of Economics*, 38 (3), 610-625.
- [218] LEVIN R.C., W.M. COHEN et D.C. MOWERY (1985), R&D appropriability, opportunity, and market structure : new evidence on some Schumpeterian hypotheses, *American Economic Review*, 75 (2), 20-24.
- [219] LEVIN R.C., A.K. KLEVORICK, R.R. NELSON et S.G. WINTER (1987), Appropriating the returns from industrial research and development, *Brookings Papers on Economic Activity*, 3, 783-820.
- [220] LEVIN Richard et Peter REISS (1988), Cost-reducing and demand-creating R&D with spillovers, *Rand Journal of Economics*, 19, 538-556.
- [221] LIN Ping (1998), Product market competition and R&D rivalry, *Economics Letters*, 58, 105-111.
- [222] LIN Ping et K. SAGGI (2002), Product differentiation, process R&D, and the nature of market competition, *European Economic Review*, 46 (?), 201-211.
- [223] LIN Ping et Wen ZHOU (2013), The effects of competition on the R&D portfolios of multiproduct firms, *International Journal of Industrial Organization*, 31, 83-91.
- [224] LLOBET G. (2003), Patent litigation when innovation is cumulative, *International Journal of Industrial Organization*, 21, 1135-1157.
- [225] LOCKSHIN B. et P. MOHNEN (2011), How effective are level-based R&D tax credits? Evidence from the Netherlands, *Applied Economics*, 44, 1527-1538.
- [226] LONG Clarisa (2002), Patent signals, *University of Chicago Law Review*, 69 (2), 625-679.
- [227] LOURY Glenn (1979), Market structure and innovation, *Quarterly Journal of Economics*, 93, 395-410.
- [228] MACHO-STADLER I. et J. D. PEREZ-CASTRILLO (1991), Contrats de licence et asymétrie d'information, *Annales Economie et Statistique*, 24, 189-208.

- [229] MANSFIELD E. (1985), How rapidly does new industrial technology leak out ?, *Journal of Industrial Economics*, 34, 217-223.
- [230] MARJIT S. (1991), Incentives for cooperative and non-cooperative R and D in duopoly, *Economics Letters*, 37, 187-191.
- [231] MARTIN S. (1995), R&D joint ventures and tacit product market collusion, *European Journal of Political Economy*, 11, 733-741.
- [232] MARTIN S. (2002), Spillovers, appropriability, and R&D, *Journal of Economics*, 75 (1), 1-32.
- [233] MATSUMURA Toshihiro et Noriaki MATSUSHIMA (2012), Welfare properties of strategic R&D investments in Hotelling models, *Economics Letters*, 115, 465-468.
- [234] MATSUMURA Toshihiro, Noriaki MATSUSHIMA et Susumu CATO (2013), Competitiveness and R&D competition revisited, *Economic Modelling*, 31, 541-547.
- [235] MATUTES C., P. REGIBEAU et K.E. ROCKETT (1996), Optimal patent protection and the diffusion of innovation, *Rand Journal of Economics*, 27, 60-87.
- [236] MEURER Michael J. (1989), The settlement of patent litigation, *Rand Journal of Economics*, 20 (1), 77-91.
- [237] MIYAGIWA Kaz et Yuka OHNO (2002), Uncertainty, spillovers, and cooperative R&D, *International Journal of Industrial Organization*, 20, 855-876.
- [238] MIRAVETE E. et J. PERNIAS (200?), Innovation complementarity and scale of production, *Journal of Industrial Economics*, à paraître.
- [239] MOORE Kimberly A. (2002), Judges, juries and patent cases - an empirical peek inside the black box, *Michigan Law Review*, 99 (2), 365-409.
- [240] MOTTA M. (1992), Cooperative R&D and vertical product differentiation, *International Journal of Industrial Organization*, 10, 643-661.
- [241] MUKHOPADHYAY S., T. KABIRAJ et A. MUKHERJEE (1999), Technology transfer in duopoly the role of cost asymmetry, *International Review of Economics and Finance*, 8, 363-374.
- [242] MUNIAGURRIA M. et N. SINGH (1997), Foreign technology, spillovers and R&D policy, *International Economic Review*, 38, 405-430.
- [243] MUTO S. (1987), The possibility of relicensing and patent protection, *European Economic Review*, 31, 927-945.
- [244] MUTTO S. (1993), On licensing policies in Bertrand competition, *Games and Economic Behavior*, 5, 257-267.

- [245] NELSON R. (1982), The role of knowledge in R&D efficiency, *Quarterly Journal of Economics*, 97, 453-470.
- [246] NIU Shuai (2013), The equivalence of profit-sharing licensing and per-unit royalty licensing, *Economic Modelling*, 32, 10-14.
- [247] NORBÄCK Pehr-Johan et Lars PERSSON (2009), The organization of the innovation industry: entrepreneurs, venture capitalists, and oligopolists, *Journal of European Economic Association*, 7 (6), 1261-1290.
- [248] NORBÄCK Pehr-Johan et Lars PERSSON (2012), Entrepreneurial innovations, competition and competition policy, *European Economic Review*, 56, 488-506.
- [249] NORDHAUS W. (1969), *Invention, Growth and Welfare*, MIT Press, Cambridge.
- [250] NORDHAUS W. (1972), The optimum life of a patent : reply, *American Economic Review*, 62, 428-431.
- [251] O'DONOGHUE T. (1998), A patentability requirement for sequential innovation, *Rand Journal of Economics*, 29, 654-679.
- [252] ORDOVER J.A. et R.D. WILLIG (1985), Antitrust for high-technology industries : assessing research joint ventures and mergers, *Journal of Law and Economics*, 28 (2), 311-333.
- [253] PÉREZ-CASTRILLO J. et J. SANDONIS (1997), Disclosure of know-how in research joint ventures, *International Journal of Industrial Organization*, 15, 51-75.
- [254] PETRAKIS E. et J. POYAGO-THEOTOKY (2002), R&D subsidies versus R&D cooperation in a duopoly with spillovers and pollution, *Australian Economic Papers*, 41 (1), 37-52.
- [255] PIGA Claudio et Joanna POYAGO-THEOTOKY (2005), Endogenous R&D spillovers and locational choice, *Regional Science and Urban Economics*, 35, 127-139.
- [256] POYAGO-THEOTOKY Joanna (1995), Equilibrium and optimal size of a research joint venture in an oligopoly with spillovers, *Journal of Industrial Economics*, 43 (2), 209-226.
- [257] POYAGO-THEOTOKY Joanna (1999), A note on endogenous spillovers in a non-tournament R&D duopoly, *Review of Industrial Organization*, 15, 253-262.
- [258] QIU L. (1997), On the dynamic efficiency of Cournot and Bertrand equilibria, *Journal of Economic Theory*, 75, 213-229.
- [259] REINGANUM Jennifer (1983), Uncertain innovation and the persistence of monopoly, *American Economic Review*, 73 (4), 741-748.
- [260] REINGANUM Jennifer (1984), Uncertain innovation and the persistence of monopoly : reply, *American Economic Review*, 74 (1), 243-246.

- [261] REINGANUM Jennifer (1985a), Innovation and industry evolution, *Quarterly Journal of Economics*, 100, 81-100.
- [262] REINGANUM Jennifer (1985b), A two-stage model of research and development with endogenous second-mover advantages, *International Journal of Industrial Organization*, 3, 275-292.
- [263] REY Patrick et David SALANT (2012), Abuse of dominance and licensing of intellectual property, *International Journal of Industrial Organization*, 30, 518-527.
- [264] ROCKETT K. (1990), The quality of licensed technology, *International Journal of Industrial Organization*, 8, 559-574.
- [265] ROEDER C., R. HERMAN et J.M. CONNOR (2000), Determinants of new product introductions in the US food industry: a panel-model approach, *Applied Economics Letters*, 7 (11), 743-748.
- [266] ROSEN Richard (1991), Research and development with asymmetric firm sizes, *Rand Journal of Economics*, 22 (3), 411-429.
- [267] ROSENBERG N. (1990), Why do firms do basic research (with their own money) ?, *Research Policy*, 19, 165-174.
- [268] RUBLE Richard et Bruno VERSAEVEL (2014), Market shares, R&D agreements, and the EU block exemption, *International Review of Law and Economics*, 37, 15-25.
- [269] RUFF L. (1969), Research and technological progress in a Cournot economy, *Journal of Economic Theory*, 1, 397-415.
- [270] SACCO D. et A. SCHMUTZLER (2011), Is there a U-shaped relation between competition and investment?, *International Journal of Industrial Organization*, 29, 65-73.
- [271] SALANT Stephen (1984), Preemptive patenting and the persistence of monopoly : comment, *American Economic Review*, 74 (1), 247-250.
- [272] SALANT Stephen W. et Greg SCHAFFER (1998), Optimal asymmetric strategies in research joint ventures, *International Journal of Industrial Organization*, 16, 195-208.
- [273] SALANT Stephen W. et Greg SCHAFFER (1999), Unequal treatment of identical agents in Cournot equilibrium, *American Economic Review*, 89 (3), 585-604.
- [274] SAN MARTIN M. et A.I. SARACHO (2010), Royalty licensing, *Economics Letters*, 107, 284-287.
- [275] SCHANKERMAN M. (1998), How valuable is patent protection? Estimates by technological field, *Rand Journal of Economics*, 29, 77-107.
- [276] SCHANKERMAN M. et Suzanne SCOTCHMER (2001), Damages and injunctions in protecting intellectual property, *Rand Journal of Economics*, 32, 199-220.

- [277] SCHERER F.M. (1972), Nordhaus' theory of optimal patent life : a geometric reinterpretation, *American Economic Review*, 62, 422-427.
- [278] SCHMITZ P. W. (2002), On monopolistic licensing strategies under asymmetric information, *Journal of Economic Theory*, 106, 177-189.
- [279] SCHMUTZLER A. (2009), Is competition good for innovation? A simple approach to an unresolved question, *Foundations and Trends in Microeconomics*, 5 (6), 355-428.
- [280] SCOTCHMER Suzanne (1991), Standing on the shoulders of giants : cumulative research and the patent law, *Journal of Economic Perspectives*, 5 (1), 29-41.
- [281] SCOTCHMER Suzanne (1996), Protecting early innovators : should second-generation products be patentable ?, *Rand Journal of Economics*, 27 (2), 322-331.
- [282] SCOTCHMER Suzanne et Jerry GREEN (1990), Novelty and disclosure in patent law, *Rand Journal of Economics*, 21, 131-146.
- [283] SEGAL Ilya et Michael D. WHINSTON (2007), Antitrust in innovative industries, *American Economic Review*, 97 (5), 1703-1730.
- [284] SEN Debapriya (2005), Fee versus royalty reconsidered, *Games and Economic Behavior*, 53, 141-147.
- [285] SEN Debapriya et Yair TAUMAN (2007), General licensing schemes for a cost-reducing innovation, *Games and Economic Behavior*, 59, 163-186.
- [286] SHAPIRO C. (1985), Patent licensing and R&D rivalry, *American Economic Review, Papers and Proceedings*, 75, 25-30.
- [287] SHAPIRO Carl (2001), *Navigating the patent thicket: cross licenses, patent pools, and standard setting*, in A. Jaffe, J. Lerner et S. Stern (eds), *Innovation policy and the economy*, Volume 1, 119-150, MIT Press.
- [288] SHAPIRO Carl (2003), Antitrust limits to patent settlements, *Rand Journal of Economics*, 34 (2), 391-411.
- [289] SHAPIRO C. (2010), Injunctions, hold-up, and patent royalties, *American Law and Economics Review*, 12 (2), 509-557.
- [290] SHAPIRO C. et R. WILLIG (1990), On the antitrust treatment of production joint ventures, *Journal of Economic Perspectives*, 4, 113-130.
- [291] SILIPO D.B. et A. WEISS (2005), Cooperation and competition in a R&D market with spillovers, *Research in Economics*, 59, 41-57.

- [292] SIMPSON R. David et Nicholas S. VONORTAS (1994), Cournot equilibrium with imperfectly appropriable R&D, *Journal of Industrial Economics*, 42 (1), 79-92.
- [293] SOMAYA D. (2003), Strategic determinants of decisions not to settle patent litigation, *Strategic Management Journal*, 24, 17-38.
- [294] SPENCE Michael (1984), Cost reduction, competition, and industry performance, *Econometrica*, 52, 101-121.
- [295] STEURS G. (1995), Interindustry R&D spillovers : what difference do they make ?, *International Journal of Industrial Organization*, 13, 249-276.
- [296] STEWART M. (1983), Noncooperative oligopoly and preemptive innovation without winner-take-all, *Quarterly Journal of Economics*, 98, 681-694.
- [297] SUZUMURA Kotaro (1992), Cooperative and noncooperative R&D in oligopoly with spillovers, *American Economic Review*, 82 (5), 1307-1320.
- [298] TAKALO Tuomas, Tanja TANAYAMA et Otto TOIVANEN (2013a), Estimating the benefits of targeted R&D subsidies, *Review of Economics and Statistics*, 95 (1), ?-?.
- [299] TAKALO Tuomas, Tanja TANAYAMA et Otto TOIVANEN (2013b), Market failures and the additional effects of public support to private R&D: theory and empirical implications, *International Journal of Industrial Organization*, ?, à paraître.
- [300] TANDON Pankaj (1982), Optimal patents with compulsory licensing, *Journal of Political Economy*, 90, 470-486.
- [301] TANDON P. (1984), Innovation, market structure, and welfare, *American Economic Review*, 74, 394-403.
- [302] TAUMAN Yair et Ming-Hung WENG (2012), Selling patent rights and the incentive to innovate, *Economics Letters*, 114, 241-244.
- [303] TESORIERE Antonio (2008), Endogenous R&D symmetry in linear duopoly with one-way spillovers, *Journal of Economic Behavior & Organization*, 66, 213-225.
- [304] TIROLE Jean (1988), *The Theory of Industrial Organization*, MIT Press, Cambridge [Traduction française : Théorie de l'organisation industrielle, Economica, 1993 et 1995]. Chapitre 10.
- [305] TISHLER Asher (2008), How risky should an R&D program be ?, *Economics Letters*, 99, 268-271.
- [306] Van DIJK Theon (1995), Innovation incentives through third-degree price discrimination in a model of patent breadth, *Economics Letters*, 47, 431-435.

- [307] Van DIJK Theon (1996), Patent height and competition in product improvements, *Journal of Industrial Economics*, 44, 151-167.
- [308] VIVES X. (2008), Innovation and competitive pressure, *Journal of Industrial Economics*, 56 (3), 419-469.
- [309] Von HIPPEL E. (1988), *The sources of innovation*, Oxford University Press.
- [310] VONORTAS Nicholas S. (1994), Inter-firm cooperation in imperfectly appropriable research, *International Journal of Industrial Organization*, 12, 413-435.
- [311] WANG X. H. (1998), Fee versus royalty licensing in a Cournot duopoly model, *Economics Letters*, 60, 55-62.
- [312] WANG X. H. et B. Z. YANG (1999), On the licensing under Bertrand competition, *Australian Economic Papers*, 38, 106-119.
- [313] WATERSON M. (1980), The economics of product patents, *American Economic Review*, 80 (4), 860-869.
- [314] WEITZMAN Martin L. (1974), Prices vs Quantities, *Review of Economic Studies*, 41, 477-491.
- [315] WIETHAUS Lars (2005), Absorptive capacity and connectedness: why competing firms adopt identical R&D approaches, *International Journal of Industrial Organization*, 23, 467-481.
- [316] WRIGHT Brian D. (1983), The economics of invention incentives : patents, prizes, and research contracts, *American Economic Review*, 73 (4), 691-707.
- [317] YI Sang-Seung (1995), Uncertain innovation and persistence of monopoly revisited, *Economics Letters*, 49, 319-322.
- [318] YI Sang-Seung (1998), Endogenous formation of joint ventures with efficiency gains, *Rand Journal of Economics*, 29, 610-631.
- [319] YI Sang-Seung (1999), Market structure and incentives to innovate: the case of Cournot oligopoly, *Economics Letters*, 65, 379-388.
- [320] YI Sang-Seung et Hyukseung SHIN (2000), Endogenous formation of research coalitions with spillovers, *International Journal of Industrial Organization*, 18, 229-256.
- [321] ZHANG Tianle (2012), Patenting in the shadow of independent discoveries by rivals , *International Journal of Industrial Organization*, 30 (1), 41-49.
- [322] ZHOU W. (2009), Innovation, imitation and competition, *The B.E. Journal of Economic Analysis and Policy (Topics)*, 9 (1), article 27.

- [323] ŽIGIĆ Krešimir et Ilir MAČI (2011), Competition policy and market leaders, *Economic Modelling*, 28, 1042-1049.
- [324] ZISS Steffen (1994), Strategic R&D with spillovers, collusion and welfare, *Journal of Industrial Economics*, 42 (4), 375-393.