

Article

« Externalités et coopération en recherche et développement : une reconceptualisation »

Caroline Boivin et Désiré Vencatachellum

L'Actualité économique, vol. 74, n° 4, 1998, p. 633-649.

Pour citer cet article, utiliser l'information suivante :

URI: <http://id.erudit.org/iderudit/602278ar>

DOI: 10.7202/602278ar

Note : les règles d'écriture des références bibliographiques peuvent varier selon les différents domaines du savoir.

Ce document est protégé par la loi sur le droit d'auteur. L'utilisation des services d'Érudit (y compris la reproduction) est assujettie à sa politique d'utilisation que vous pouvez consulter à l'URI <http://www.erudit.org/apropos/utilisation.html>

Érudit est un consortium interuniversitaire sans but lucratif composé de l'Université de Montréal, l'Université Laval et l'Université du Québec à Montréal. Il a pour mission la promotion et la valorisation de la recherche. Érudit offre des services d'édition numérique de documents scientifiques depuis 1998.

Pour communiquer avec les responsables d'Érudit : erudit@umontreal.ca

EXTERNALITÉS ET COOPÉRATION EN RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT : UNE RECONCEPTUALISATION*

Caroline BOIVIN

Université Concordia

Désiré VENCATACHELLUM

École des Hautes Études Commerciales

RÉSUMÉ – Cet article distingue deux externalités associées à la recherche et développement (R et D) : techniques et concurrentielles. Nous montrons que les principaux résultats concernant l'incidence des externalités sur les dépenses en R et D se résument à une comparaison de l'amplitude de ces deux externalités sous l'hypothèse d'une fonction de demande linéaire. De plus, nous concluons que dans les accords de coopération en R et D, les externalités concurrentielles atténuent l'incitation à resquiller issue des externalités techniques.

ABSTRACT – This article distinguishes two R&D externalities: technical and competitive. We show that the main results in the literature are obtained by comparing the magnitude of those two externalities if the inverse demand function is linear. Moreover, we conclude that in cooperative R&D agreements, competitive externalities reduce free riding which arises from technical externalities.

INTRODUCTION

Une entreprise qui investit en recherche et développement (R et D) n'est pas toujours en mesure de bloquer l'imitation de ses découvertes et d'en demeurer l'unique bénéficiaire. L'imitation est d'autant facilitée quand les connaissances sont codifiées (Cantwell, 1991; Kogut et Zander, 1993; Teece, 1986) et si l'imitateur possède des compétences similaires à celles de l'innovateur (Cantwell, 1991; Cohen et Levinthal, 1989, 1990). De plus, bien qu'un brevet accorde théoriquement le droit d'empêcher la reproduction d'une innovation, cette protection légale contribue, surtout dans les faits, à augmenter les délais et les coûts d'imitation (Mansfield *et al.*, 1981).

* Nous remercions deux arbitres anonymes, un membre du comité de rédaction de la revue, Yvan Boivin, Michèle Breton, Chantale LaCasse et Yvan Stringer pour leurs commentaires. Nous demeurons responsables de toute erreur qui subsisterait dans le texte.

Ce flux d'information de la firme innovatrice vers d'autres firmes donne lieu à des externalités de la R et D. Plusieurs modèles théoriques de coopération en R et D (d'Aspremont et Jacquemin, 1988; Katz, 1986) ont examiné l'impact de ces externalités sur l'incitation à la R et D et leur principale conclusion est que la coopération¹ incite les entreprises à augmenter leur investissement en R et D seulement si les externalités sont suffisamment élevées. *A priori*, cette conclusion peut sembler contre-intuitive lorsque la coopération est vue comme la maximisation des profits conjoints. En effet, comme la coopération internalise des externalités positives, on pourrait s'attendre à ce que leur présence, si minime soit-elle, mène à un accroissement des efforts coopératifs de R et D.

Cet apparent paradoxe peut être résolu si l'on reconnaît que les externalités de la R et D ne sont pas seulement de nature technique, mais également de nature concurrentielle. Cet article expose le jeu simultané de ces deux dimensions de la R et D. Par ailleurs, le cadre d'analyse développé permet une interprétation intuitive des résultats de plusieurs modèles théoriques qui analysent l'impact de la coopération sur les investissements en R et D en présence d'externalités, sous l'hypothèse que la fonction de demande est linéaire. Enfin, la distinction entre les deux types d'externalités permet d'étudier la stabilité des accords de coopération.

Dans une première partie, nous distinguons et définissons les deux types d'externalités associées à la R et D. Nous montrons que la plupart des résultats sur l'incitation à la R et D obtenus dans les modèles théoriques de coopération se résument à une comparaison de leur amplitude. Dans une deuxième partie, nous reprenons et développons le cadre de Telser (1987) afin d'analyser la faisabilité théorique de différentes ententes de coopération en présence de ces deux types d'externalités.

1. NATURE DES EXTERNALITÉS DE LA R ET D

1.1 *Modèle*

Crépon *et al.* (1993) rapportent que 70 % des accords de coopération en R et D signés dans la communauté européenne entre 1975 et 1984 l'ont été par des firmes oeuvrant dans une industrie duopolistique. Il semble alors raisonnable de considérer un duopole où chaque entreprise i ($i = 1, 2$) produit q_i d'un bien unique vendu au même prix et fait face à une fonction de demande inverse $p(Q)$, où $Q = q_1 + q_2$ est la demande totale.

Chaque firme fait de la R et D pour réduire ses coûts unitaires de production. Cependant, toute dépense de R et D par une entreprise bénéficie à l'autre entreprise par un effet d'apprentissage ou d'imitation. Si l'entreprise i fait x_i d'activités

1. Pour simplifier, nous dirons coopération au lieu de coopération en R et D.

de R et D, son coût unitaire, $c(x_i, x_j)$, $i \neq j$, est tel que $\frac{\partial c(x_i, x_j)}{\partial x_i} < \frac{\partial c(x_i, x_j)}{\partial x_j} < 0$.

De plus, afin de mener à bien un projet de R et D, l'entreprise i supporte des coûts convexes $g(x_i)$. Notons que nous nous concentrons sur les innovations procédés, mais que la problématique est similaire pour les innovations produits (La Manna, 1994)².

Les profits de l'entreprise 1, qui choisit q_1 dans une première étape et x_1 dans une deuxième étape, sont donnés par :

$$\pi(q_1, x_1; q_2, x_2) \equiv (p(Q) - c(x_1; x_2))q_1 - g(x_1) \tag{1}$$

et symétriquement pour l'entreprise 2. Chaque firme choisit la quantité qui maximise ses profits en prenant le comportement de l'autre firme comme donné. Les deux conditions de premier ordre permettent d'obtenir les quantités produites en fonction des coûts de production :

$$q_1 \equiv q(c(x_1, x_2); c(x_2, x_1)) \tag{2}$$

et de même pour l'entreprise 2. Le choix des quantités produites effectué de façon indépendante par les firmes garantit qu'il n'y a pas de collusion sur le marché des biens et services.

Dans une deuxième étape, nous substituons l'équation (2) dans la fonction de profits (1), et obtenons la fonction de profits concentrée de la firme 1 :

$$\bar{\pi}_1 \equiv \bar{\pi}(x_1; x_2) = [p(q(x_1; x_2) + q(x_2; x_1)) - c(x_1; x_2)]q(x_1; x_2) - g(x_1) \tag{3}$$

et similairement pour la firme 2. Le choix des montants optimaux de R et D peut alors se faire de deux façons. Dans le cas non coopératif, chaque entreprise maximise ses profits (3) en considérant le comportement de sa rivale comme donné et on obtient les dépenses optimales x_1^n et x_2^n . Par contre, dans le cadre d'un accord de coopération, les deux entreprises choisissent (x_1^c, x_2^c) qui maximisent leurs profits conjoints. Comme la majorité des auteurs, nous considérons un jeu symétrique tel que chaque entreprise fait le même montant de R et D à l'équilibre $x_1^n = x_2^n \equiv x^n$ et $x_1^c = x_2^c \equiv x^c$.

Du point de vue de la firme 1, dans le cadre du jeu non coopératif, x_1^n est tel que :

$$\frac{\partial \bar{\pi}_1}{\partial x_1} = 0. \tag{4}$$

2. Une innovation procédé se caractérise par la mise en place de nouvelles méthodes qui permettent de réduire les coûts de production d'un produit existant, alors qu'une innovation produit consiste en l'amélioration d'un produit existant ou à la conception d'un nouveau produit.

et symétriquement pour l'entreprise 2. Par contre, dans un jeu coopératif où l'objectif est de maximiser les profits conjoints, chaque entreprise tient compte de l'impact de sa R et D sur les profits de son partenaire. La condition de premier ordre suivante doit être respectée :

$$\frac{\partial \pi_1}{\partial x_1} + \frac{\partial \pi_2}{\partial x_1} = 0 \quad (5)$$

et de même pour l'entreprise 2.

Comme le soulignent Katz et Ordover (1990 : 147) et ainsi que le laisse paraître l'analyse de l'équation (5), la différence entre l'incitation à innover dans un cadre coopératif et non coopératif dépend du signe de $\partial \pi_2 / \partial x_1$. En effet, si $\partial \pi_2 / \partial x_1$ est positif, il faut que $\partial \pi_1 / \partial x_1$ soit négatif afin que la condition de premier ordre (5) soit satisfaite. Comme la fonction de profits concentrée (3) est concave, $x^c > x^n$ dans un équilibre symétrique. Ainsi, comparer les dépenses de R et D dans un cadre coopératif et non coopératif revient à déterminer le signe de $\partial \pi_2 / \partial x_1$.

Le signe de cette dérivée partielle ne peut pas être déterminé de façon univoque pour des fonctions générales de demande³. Cependant, comme le montre l'annexe, si la fonction de demande inverse est linéaire,

$$p = a - b(q_1 + q_2), \quad (6)$$

où a et b sont des paramètres positifs, cette dérivée est du même signe que le signe de la variation de la quantité produite par la firme 2 suite à une variation des dépenses de R et D de la firme 1, $\frac{\partial q_2}{\partial x_1}$. Dans ce qui suit, nous supposons que

cette condition est vérifiée car c'est toujours le cas dans les modèles sur lesquels nous nous appuyons.

Nous avons donc ramené la comparaison des quantités optimales de R et D dans le cadre coopératif et non coopératif à la détermination de l'impact de la R et D d'une firme sur la quantité produite par l'autre firme. La section suivante propose deux concepts d'externalités qui nous permettent de déterminer l'impact de la coopération sur le montant de R et D.

1.2 Externalités

Comme le montre l'équation (2), la quantité produite par la firme 2 dépend à la fois de son propre coût de production et du coût de production de la firme 1, qui dépendent tous deux des investissements en R et D de chaque firme. Cette section introduit deux concepts d'externalités et montre que le signe de $\partial q_2 / \partial x_1$ est déterminé par leur intensité relative.

3. Nous sommes infiniment reconnaissants à un arbitre anonyme pour cette observation et la preuve qu'il nous a fournie.

En appliquant la règle des dérivées en chaîne, $\partial q_2/\partial x_1$ se décompose en deux termes :

$$\frac{\partial q_2}{\partial x_1} = \frac{\partial q_2}{\partial c_1} \frac{\partial c_1}{\partial x_1} + \frac{\partial q_2}{\partial c_2} \frac{\partial c_2}{\partial x_1}, \quad (7)$$

où $c_1 \equiv c(x_1; x_2)$ et $c_2 \equiv c(x_2; x_1)$. La R et D d'une firme influence la production de l'autre firme par l'intermédiaire de deux canaux distincts. Le premier terme de l'équation (7) rend compte de l'impact de la variation du coût de production de la firme 1 grâce à sa R et D sur la quantité produite par la firme 2. Le second terme représente l'impact du coût de production de la firme 2 sur sa quantité produite suite à l'utilisation de la R et D de la firme 1. Le terme $\partial q_2/\partial x_1$ est positif si⁴ :

$$\frac{\partial c_2/\partial x_1}{\partial c_1/\partial x_1} > -\frac{\partial q_2/\partial c_1}{\partial q_2/\partial c_2}. \quad (8)$$

Nous pouvons maintenant introduire deux types d'externalités qui nous permettent d'interpréter plus facilement les conclusions de différents modèles de coopération en R et D. En effet, il semble que la R et D d'une firme génère à la fois des externalités techniques et des externalités concurrentielles. D'une part, les externalités techniques découlent de l'accès à de l'information sur l'activité innovatrice d'une firme par l'autre firme et lui permet d'abaisser son coût de production, de développer un produit ou encore d'améliorer un produit existant. Ces externalités empêchent l'entreprise innovatrice d'être la seule à profiter de l'avance technologique issue de ses dépenses en R et D. D'autre part, les investissements en R et D d'une firme ont un impact sur la quantité produite par une autre firme et exercent ainsi des externalités concurrentielles.

Ces dernières peuvent être négatives ou positives selon la nature des produits. Elles sont négatives lorsque les entreprises offrent des produits substitués car une innovation produit diminue l'attrait des produits existants et une innovation procédé réduit la part de marché de ses rivales (Brander et Spencer, 1983). Par conséquent, pour une fonction de demande donnée, les externalités concurrentielles entraînent une diminution des profits de l'autre firme⁵. Toutefois, les externalités concurrentielles sont positives lorsque les produits sont complémentaires étant donné qu'une amélioration d'un produit, ou la diminution du coût de production conduisant à une baisse de prix, influencent positivement la demande pour ce produit et la demande de produits complémentaires⁶.

4. Ce résultat est semblable à celui obtenu par Simpson et Vonortas (1994) qui montrent que (7) est supérieure à 0 si la partie gauche de l'inégalité (8) est supérieure à la pente de la fonction de réaction des dépenses R et D en fonction des quantités produites.

5. La présence d'externalités de consommation pourrait faire augmenter la demande totale (voir notamment Farrell et Saloner, 1986 et Katz et Shapiro, 1985).

6. Gupta (1997) utilise une terminologie semblable pour distinguer deux types d'influences de la R et D, mais dont l'impact se fait sentir dans les deux cas sur les coûts de production.

Définition 1 (Externalités techniques). *Impact relatif d'une variation des dépenses de R et D d'une firme sur les coûts des deux firmes. Du point de vue de la firme 2, on a :*

$$\beta_2 = \frac{\partial c_2 / \partial x_1}{\partial c_1 / \partial x_1} \quad (9)$$

et similairement pour la firme 1.

Définition 2 (Externalités concurrentielles). *Impact relatif d'une variation des coûts de production de chaque firme sur la quantité produite par une firme. Du point de vue de la firme 2, on a :*

$$\gamma_2 = \frac{\partial q_2 / \partial c_1}{\partial q_2 / \partial c_2} \quad (10)$$

et similairement pour la firme 1.

Remarquons que les externalités concurrentielles englobent uniquement l'influence relative des variations de coûts sur la quantité produite par l'autre firme. En ce sens, les externalités concurrentielles ne doivent pas être confondues avec les effets stratégiques, une classe beaucoup plus large d'effets qui comprend notamment la R et D comme moyen d'ériger une barrière à l'entrée (Crépon *et al.*, 1993).

L'impact de la coopération sur les dépenses de R et D peut être déterminé en comparant l'ampleur des deux externalités. Si $\beta_2 + \gamma_2 > 0$, alors $\partial q_2 / \partial x_1 > 0$, ce qui implique que $\partial \bar{\pi}_2 / \partial x_1 > 0$ et que la coopération fait augmenter les dépenses de R et D. De même, si $\beta_2 + \gamma_2 < 0$, la coopération fait baisser les dépenses de R et D. Si la variation des coûts de production d'une entreprise n'a pas d'impact sur les ventes de l'autre firme, $\gamma_2 = 0$, une condition suffisante pour que la coopération mène à un accroissement de la R et D est que $\beta_2 > 0$. Ceci explique que la coopération en R et D par des firmes offrant des produits indépendants (Kamien *et al.*, 1992) ou entre firmes de différentes industries (Steurs, 1995) les incitent à augmenter leurs investissements en R et D dès que les externalités techniques sont positives.

Par ailleurs, si γ_2 est constant mais que β_2 augmente avec la coopération (d'Aspremont et Jacquemin, 1990; Kamien *et al.*, 1992; Katz, 1986; Motta, 1992; Vonortas, 1994), l'incitation à la R et D augmente quand les entreprises coopèrent. C'est la conclusion de Kamien *et al.* (1992) et de Vonortas (1994) qui comparent l'investissement en R et D provenant d'un cadre où β_2 reste inchangé avec la coopération avec celui où β_2 augmente avec la coopération. De plus, selon les définitions 1 et 2, les deux externalités sont positives pour des produits complémentaires. Par conséquent, les externalités concurrentielles renforcent l'impact positif de la coopération sur les dépenses en R et D dû aux externalités techniques (Crépon *et al.*, 1993; Katz et Ordober, 1990).

1.3 Application au modèle de d'Aspremont et Jacquemin

Nous appliquons les deux concepts d'externalités au modèle de d'Aspremont et Jacquemin (1988) (DJ) qui a exercé une influence dominante sur les travaux de recherche sur l'impact de la coopération sur les montants investis en R et D. DJ considèrent un duopole faisant face à une demande linéaire :

$$p = a - bQ, \quad (11)$$

où a et b sont des paramètres positifs, p est le prix unitaire et Q est la quantité produite. Ils spécifient la fonction de coût unitaire de production pour la firme i :

$$c_i = A - x_i - \beta x_j, \quad (12)$$

où $i, j = 1, 2, i \neq j$, A est un paramètre positif tel que le coût unitaire n'est jamais négatif et β , un paramètre d'externalités techniques, varie entre 0 et 1. DJ résolvent formellement le modèle décrit dans la section (1.1) et concluent que $x^c > (<) x^n$ si $\beta > (<) 0,5^7$. Suzumura (1992) généralise le modèle de DJ au cas d'un oligopole et obtient sensiblement les mêmes résultats.

De prime abord, les restrictions sur les externalités techniques semblent contre-intuitives. En effet, comme le souligne l'introduction, on s'attendrait à ce que l'internalisation d'externalités positives, c'est-à-dire $\beta > 0$, grâce à la coopération entraîne une hausse des dépenses de R et D. Mais c'est ignorer les externalités concurrentielles qui sont implicites dans le modèle de DJ. Pour se convaincre de leur présence notons que⁸ :

$$\frac{\partial q_2}{\partial x_1} = \frac{2\beta - 1}{3b}. \quad (13)$$

L'équation (13) se simplifie à $-1/3b$ en l'absence d'externalités techniques ($\beta = 0$). Comme l'équation (13) est toujours négative dans ce cas, la coopération réduirait les dépenses en R et D selon les résultats établis dans la section (1.2).

Le lecteur peut vérifier que dans le modèle de DJ, $\beta_1 = \beta_2 = \beta$ et $\gamma_1 = \gamma_2 = \gamma = -0,5$. Ainsi, l'équation (13) prend une valeur positive (négative) si $\beta - 0,5 > (<) 0$. En conséquence, l'inégalité (8) est respectée pour $\beta > 0,5$. Ceci indique que des externalités techniques supérieures à 0,5 sont nécessaires pour compenser l'effet

7. Henriques (1990) étudie la stabilité des solutions obtenues par DJ. Dans son exemple, lorsque les externalités techniques sont inférieures à 0,17, les solutions obtenues selon le modèle de DJ ne sont pas stables pour $a = 10, b = 1$ et $A = 7$.

8. La solution de la première étape du jeu donne $q_2 = [(a - A) + (2 - \beta)x_2 + (2\beta - 1)x_1]/3b$. En prenant la dérivée par rapport à x_1 on obtient l'équation (13). On peut aussi faire le lien avec l'équation (7) en utilisant $q_2 = \frac{a - 2c_2 + c_1}{3b}$ et l'équation (12) pour obtenir $\frac{\partial q_2}{\partial c_1} \frac{\partial c_1}{\partial x_1} = -\frac{1}{3b}$ et $\frac{\partial q_2}{\partial c_2} \frac{\partial c_2}{\partial x_1} = -\frac{2}{3b} \times -\beta$, dont la somme égale la partie droite de l'équation (13).

négatif des externalités concurrentielles et inciter les entreprises à augmenter leurs investissements en R et D quand elles coopèrent. On retrouve donc les résultats de DJ à l'aide d'une méthode simple et intuitive.

Ceci rejoint les conclusions de Brander et Spencer (1983) tirées d'un modèle sans externalités techniques. Ces derniers démontrent que la R et D d'une firme exerce une externalité négative sur les profits de l'autre firme. Une augmentation de la R et D d'une firme diminue son coût de production, déplace sa fonction de réaction vers l'extérieur et fait augmenter sa production tout en diminuant la production de son concurrent.

2. VIABILITÉ DES ACCORDS DE COOPÉRATION

Un accord de coopération devrait survenir si, et seulement si, les profits coopératifs sont supérieurs aux profits non coopératifs. Toutefois, les entreprises ont souvent intérêt à ne pas les respecter car elles obtiennent ainsi des profits plus élevés. Les problèmes posés par de tels comportements n'ont pas été pris en compte dans le cadre analytique discuté précédemment car la décision de resquiller n'était pas endogène au modèle.

Cette section analyse l'influence des externalités techniques et concurrentielles dans différents types d'accords discutés sous forme normale. Des jeux très simples permettent de mettre en lumière les difficultés inhérentes au respect d'une entente de coopération. Comme il est difficile de traiter simultanément chaque type d'externalités de la R et D dans un jeu sous forme normale, nous traitons séquentiellement leur influence sur la viabilité des accords de coopération.

2.1 Externalités techniques

Telser (1987) analyse les incitations des entreprises à investir dans le développement d'une innovation en présence d'externalités techniques. Il considère deux entreprises identiques produisant des biens homogènes, chacune faisant face aux mêmes coûts de production, produisant la même quantité et faisant un profit nul. Telser suppose que les externalités techniques impliquent des coûts de développement supérieurs aux coûts d'imitation, cet écart se traduisant par des profits plus élevés pour l'entreprise qui copie que pour l'entreprise innovatrice. Les gains au jeu proposé par Telser sont présentés au tableau 1.

TABLEAU 1

INCITATION À LA R ET D AVEC EXTERNALITÉS TECHNIQUES, TELSER (1987)

Firme 1	Firme 2	
	Pas de R et D	R et D
Pas de R et D	0, 0	$\pi + \Delta, \pi$
R et D	$\pi, \pi + \Delta$	π, π

L'augmentation des profits d'une entreprise après innovation est représentée par π , et Δ est la différence entre les profits d'une entreprise qui copie et les profits d'une entreprise qui investit en R et D. Les gains sont comme suit. Si aucune entreprise ne fait de R et D, leurs profits ne sont pas modifiés (0, 0). Dans le cas où une firme fait de la R et D et que l'autre copie, la hausse de profits est plus faible pour l'entreprise qui fait de la R et D que pour celle qui copie ($\pi < \pi + \Delta$). Enfin, lorsque les deux entreprises font de la R et D, leurs profits augmentent de π .

Il existe deux équilibres de Nash dans ce jeu : celui où l'entreprise 1 fait de la R et D et l'entreprise 2 copie, et celui où l'entreprise 2 fait de la R et D et l'entreprise 1 copie. Telser analyse l'incitation à coopérer dans le cadre d'un accord d'une période où une seule firme fait de la R et D alors que l'autre assume la moitié des coûts de R et D. Le tableau 2 illustre les gains découlant d'une telle entente selon que les joueurs respectent ou non leur engagement.

TABLEAU 2

INCITATION À LA COOPÉRATION AVEC EXTERNALITÉS TECHNIQUES, TELSER (1987)

Firme 1	Firme 2	
	Respecte	Ne respecte pas
Respecte	$\pi + \frac{\Delta}{2}, \pi + \frac{\Delta}{2}$	$\pi, \pi + \Delta$
Ne respecte pas	0, 0	0, 0

Si la firme 1 respecte l'entente et fait de la R et D, ses profits augmentent de $\pi + \frac{\Delta}{2}$ ou seulement de π selon que la firme 2 lui verse ou non sa part des coûts $\left(\frac{\Delta}{2}\right)$. Dans ce cas, les profits de la firme 2 augmentent de $\pi + \frac{\Delta}{2}$ ou de $\pi + \Delta$ selon qu'elle respecte ou non son engagement. Si la firme 1 n'effectue pas de la R et D, les profits de chacune des firmes ne sont pas modifiés. L'équilibre de Nash du jeu décrit au tableau 2 est celui où la firme 1 respecte sa part de l'engagement tandis que la firme 2 ne la respecte pas étant donné que la firme 1 a toujours intérêt à faire de la R et D indépendamment de la stratégie de la firme 2. En effet, cette dernière est incitée à resquiller car la menace que la firme 1 ne respecte pas l'engagement n'est pas crédible.

Si la coopération est récurrente, Telser suggère qu'une telle entente est équivalente à un accord où les firmes coordonnent leurs efforts en alternant la R et D d'une période à l'autre. Ainsi, chaque entreprise aurait un rendement de π au cours des périodes où elle fait de la R et D et de $\pi + \Delta$ lorsqu'elle copie, pour un

rendement moyen de $\pi + \frac{\Delta}{2}$. De cette manière, elles obtiendraient un gain plus élevé qu'en ne coopérant pas $\left(\pi + \frac{\Delta}{2} > \pi\right)$. On peut toutefois s'interroger sur l'incitation des entreprises à respecter cette entente sans la remettre en cause car la menace de ne pas faire de R et D n'est pas crédible.

Le jeu décrit au tableau 2 suppose que la R et D des firmes est parfaitement substituable. Or, les efforts de R et D peuvent être complémentaires. Par exemple, Kodak, qui possède des connaissances dans la photographie digitale, mais peu de compétences en informatique, s'est alliée à Lotus pour développer une technologie de traitement de l'image qui sera combinée au logiciel *Lotus Notes (Today's Office)*.

Considérons une nouvelle entente de coopération en R et D entre des firmes possédant des compétences technologiques complémentaires où les entreprises se divisent la R et D. Soit C , les coûts de R et D de chaque firme; $\Delta(1)$, la hausse de bénéfices de chacune des firmes si seulement une firme fait la R et D; $\Delta(2)$, la hausse des bénéfices de chaque firme lorsque les deux firmes font la R et D et $\Delta(2) > \Delta(1)$. Nous supposons que la R et D n'est rentable pour une firme que si l'autre effectue sa part, $\Delta(1) < C < \Delta(2)$. Par ailleurs, il est plus rentable pour une firme de profiter de la R et D de l'autre sans en faire car les coûts de R et D sont plus élevés que la hausse de bénéfices résultant de la mise en commun des résultats, $\Delta(1) > \Delta(2) - C$.

Le tableau 3 montre les gains découlant de ce jeu selon que l'entente est respectée ou violée⁹. L'équilibre de Nash découlant de ce jeu est celui où les deux entreprises ne respectent pas l'entente alors que la coopération serait à l'avantage de chacune car $\Delta(2) - C > 0$.

TABLEAU 3

INCITATION À LA COOPÉRATION AVEC EXTERNALITÉS TECHNIQUES
ET R ET D COMPLÉMENTAIRE

Firme 1	Firme 2	
	Respecte	Ne respecte pas
Respecte	$\Delta(2) - C, \Delta(2) - C$	$\Delta(1) - C, \Delta(1)$
Ne respecte pas	$\Delta(1), \Delta(1) - C$	0, 0

9. Les conclusions ne seraient pas modifiées même si on supposait que la R et D est plus bénéfique pour la firme qui la fait que pour l'autre firme qui ne possède pas les mêmes compétences.

Si le jeu est répété, les conclusions diffèrent selon l'horizon considéré. Une entente à horizon fini donne les mêmes résultats que le jeu à une période car, par induction réursive, comme les firmes ne sont pas incitées à coopérer à la dernière période, elles ne coopéreront pas non plus au cours des périodes antérieures. Par contre, lorsque l'horizon est infini, la pénalité à dévier est supérieure, ce qui augmente la crédibilité de la menace de ne pas faire de R et D (Myerson, 1991).

La coopération facilite l'échange d'information, ce qui pourrait mener à une hausse des externalités techniques (voir Kamien *et al.*, 1992; Katz, 1986; Motta, 1992; Rosenkranz, 1995; Vonortas, 1994). Une légère modification des gains du tableau 3 en supposant que $\Delta(1) < \Delta(2) - C$ pourrait refléter cette éventualité. Dans ce jeu, le respect de l'entente par les deux firmes est un équilibre dominant.

2.2 Externalités concurrentielles

Comme nous l'avons fait ressortir dans la section 1.2, les externalités concurrentielles peuvent atténuer ou renforcer les externalités techniques selon la nature des produits. Un exemple des conséquences sur les profits résultant de la décision de faire ou de ne pas faire de R et D en présence d'externalités concurrentielles négatives est présenté au tableau 4.

TABLEAU 4

INCITATION À LA COOPÉRATION AVEC EXTERNALITÉS TECHNIQUES
ET R ET D COMPLÉMENTAIRE

Firme 1	Firme 2	
	Pas de R et D	R et D
Pas de R et D	0, 0	$-\Delta^*(1), \Delta(1)$
R et D	$\Delta(1), -\Delta^*(1)$	$\Delta(2), \Delta(2)$

Si aucune firme ne fait de R et D, les profits ne sont pas modifiés. Si seulement une firme fait la R et D, ses profits augmentent de $\Delta(1)$ alors que ceux de la firme inactive en R et D diminuent de $\Delta^*(1)$. Enfin, si les deux firmes font de la R et D, leurs profits augmentent de $\Delta(2)$, tel que $\Delta(2) < \Delta(1)$. Dans ce jeu, on a un équilibre de Nash où les deux entreprises font de la R et D¹⁰.

Le tableau 5 résume les conséquences sur les profits résultant de la décision de faire ou de ne pas faire de R et D en présence d'externalités concurrentielles positives. Si aucune firme ne fait de R et D, les profits ne sont pas modifiés. Si seulement une firme fait de la R et D, les profits de celle qui investit en R et D

10. $\Delta(1)$ et $\Delta(2)$ dénotent la variation des profits et peuvent différer selon les jeux traités ici.

augmentent de $\Delta(1)$ alors que ceux de la firme inactive en R et D augmentent de $\Delta'(1)$. Enfin, dans le cas où les deux firmes font de la R et D, leurs profits augmentent de $\Delta(2)$, tel que $\Delta(2) > \Delta(1) > \Delta'(1)$. Tout comme le jeu précédent, ce jeu est caractérisé par un équilibre de Nash où les deux entreprises font de la R et D.

TABLEAU 5

INCITATION À LA R ET D AVEC EXTERNALITÉS CONCURRENTIELLES POSITIVES

Firme 1	Firme 2	
	Pas de R et D	R et D
Pas de R et D	0, 0	$\Delta'(1), \Delta(1)$
R et D	$\Delta(1), \Delta'(1)$	$\Delta(2), \Delta(2)$

Selon le tableau 1, en présence d'externalités techniques, chaque firme préfère ne pas faire de R et D si l'autre en fait. Par contre, en présence d'externalités concurrentielles, qu'elles soient négatives ou positives, chaque firme préfère toujours faire de la R et D. Cependant, dans le cas de produits substituts, l'incitation à la R et D provient de la pénalité élevée à ne pas en faire tandis que pour des produits complémentaires, la R et D est une stratégie strictement dominante pour chaque firme.

Avec des externalités concurrentielles négatives, chaque firme souhaite être la seule à faire de la R et D car $\Delta(1) > \Delta(2)$ dans le tableau 4. Les entreprises pourraient s'entendre pour réduire leurs efforts de R et D. Le jeu suivant considère une entente où une entreprise fait de la R et D et verse une compensation K à l'autre entreprise qui s'engage à ne pas faire de R et D. L'équilibre de Nash du jeu décrit au tableau 6 est celui où les deux font de la R et D et aucune compensation n'est versée. Cependant, si $\Delta(1) - \Delta^*(1) > 2\Delta(2)$, le respect de l'entente bénéficierait aux deux entreprises.

TABLEAU 6

INCITATION À LA COOPÉRATION AVEC EXTERNALITÉS CONCURRENTIELLES NÉGATIVES :
UNE SEULE FIRME FAIT LA R ET D ET COMPENSE L'AUTRE

Firme 1	Firme 2	
	Respecte	Ne respecte pas
Respecte	$\Delta(1) - K, -\Delta^*(1) + K$	$\Delta(2) - K, \Delta(2) + K$
Ne respecte pas	$\Delta(1), -\Delta^*(1)$	$\Delta(2), \Delta(2)$

Si la R et D est parfaitement substituable et que les entreprises sont concurrentes sur le marché des biens et des services, l'incitation à resquiller est très forte et l'accord de coopération n'est pas respecté. Cette incitation à resquiller est réduite par des externalités concurrentielles négatives. Dans un tel cas, une entreprise qui dévie risquerait d'être exclue du marché des biens et services à cause de l'écart qui se creuserait entre ses coûts de production et ceux de ses concurrents. Un effet similaire opère quand les firmes coopèrent sur des projets complémentaires de recherche où le resquillage devient moins attirant. Enfin, l'incitation à resquiller est réduite si la coopération facilite l'échange d'information.

CONCLUSION

Nous avons montré, qu'avec une fonction de demande linéaire, l'impact de la coopération sur les investissements en R et D pouvait être établi en distinguant les externalités concurrentielles des externalités techniques. Lorsque les partenaires d'un accord de coopération offrent des produits substitués sur le marché des biens et services, les externalités techniques positives doivent être suffisamment élevées pour compenser les externalités concurrentielles négatives et mener à des investissements en R et D supérieurs à la situation non coopérative. Toutefois, les deux types d'externalités sont positives dans le cas de produits complémentaires et la coopération mène nécessairement à un accroissement des efforts de R et D.

Malgré l'attrait de la coopération pour les firmes, il semble que la stabilité des accords ne soit pas assurée. À l'aide de jeux sous forme normale, nous avons conclu que les externalités techniques rendent les accords de coopération instables. Cependant, les externalités concurrentielles atténuent l'incitation à resquiller. De plus, une hausse des externalités techniques grâce à la coopération ou un accord perpétuel incitent les partenaires à respecter l'accord.

Il importe de souligner qu'en dehors du modèle linéaire, il est très difficile de relier les externalités aux variations des profits. Une autre limite de notre analyse est que nous traitons les externalités de façon exogène alors que Cohen et Levinthal (1989, 1990) font remarquer que tel n'est pas le cas. Néanmoins ces considérations ne modifieraient pas la nature des externalités de la R et D ainsi que leur influence sur l'incitation à investir en R et D et à respecter un accord de coopération.

ANNEXE

En utilisant l'équation (3), les profits concentrés de la firme 2 sont :

$$\bar{\pi}_2 \equiv \bar{\pi}(x_2; x_1) = [p(Q(x_1, x_2)) - c(x_2, x_1)]q(x_2, x_1) - g(x_2), \quad (\text{A.1})$$

où $Q(x_1, x_2) = q(x_1, x_2) + q(x_2, x_1)$. Nous souhaitons déterminer le signe de $\frac{\partial \bar{\pi}_2}{\partial x_1}$.

En utilisant les équations (1) et (A.1) nous pouvons exprimer cette dérivée partielle comme suit :

$$\frac{\partial \bar{\pi}_2}{\partial x_1} = \frac{\partial \pi_2}{\partial q_1} \frac{\partial q_1}{\partial x_1} + \frac{\partial \pi_2}{\partial q_2} \frac{\partial q_2}{\partial x_1} + \frac{\partial \pi_2}{\partial x_1}. \quad (\text{A.2})$$

Soit p' et p'' les dérivées première et seconde de la fonction de demande, $c_p \equiv \frac{\partial c_i}{\partial x_i}$, pour $i = 1, 2$, et $c_o \equiv \frac{\partial c_i}{\partial x_j}$ pour $i, j = 1, 2$ et $i \neq j$. Remarquons que c_p et c_o sont les mêmes pour les deux entreprises. La résolution de la première étape du jeu implique que l'équation (A.2) se simplifie comme suit :

$$\begin{aligned} \frac{\partial \bar{\pi}_2}{\partial x_1} &= (p'q_2 + p - c_2) \frac{\partial q_2}{\partial x_1} + p'q_2 \frac{\partial q_1}{\partial x_1} - \frac{\partial c_2}{\partial x_1} q_2 \\ &= \left(p' \frac{\partial q_1}{\partial x_1} - \frac{\partial c_2}{\partial x_1} \right) q_2, \end{aligned} \quad (\text{A.3})$$

car les fonctions $q(x_1, x_2) \equiv q_1$, et $q(x_2, x_1) \equiv q_2$ sont telles que :

$$\begin{aligned} p'q_1 + p - c_1 &= 0 \\ p'q_2 + p - c_2 &= 0. \end{aligned} \quad (\text{A.4})$$

En calculant la dérivée totale des équations (A.4), nous obtenons le système d'équations :

$$\begin{pmatrix} p''q_1 + 2p' & p''q_1 + p' \\ p''q_2 + p' & p''q_2 + 2p' \end{pmatrix} \begin{pmatrix} dq_1 \\ dq_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} c_p & c_o \\ c_o & c_p \end{pmatrix} \begin{pmatrix} dx_1 \\ dx_2 \end{pmatrix}.$$

En utilisant la règle Cramer, nous trouvons que :

$$\frac{\partial q_2}{\partial x_1} = \frac{(p''q_1 + 2p')c_o - (p''q_2 + p')c_p}{p'(p''q_1 + p''q_2 + 3p')} \quad (\text{A.5})$$

et

$$\frac{\partial q_1}{\partial x_1} = \frac{(p''q_2 + 2p')c_p - (p''q_1 + p')c_o}{p'(p''q_1 + p''q_2 + 3p')}. \quad (\text{A.6})$$

Substituons l'équation (A.6) dans l'équation (A.3) pour obtenir :

$$\begin{aligned} \frac{\partial \bar{\pi}_2}{\partial x_1} &= \left[\frac{(p''q_2 + 2p')c_p - (2p''q_1 + p''q_2 + 4p')c_o}{p''q_1 + p''q_2 + 3p'} \right] q_2 \\ &= \left[-2p' \frac{\partial q_2}{\partial x_1} - \frac{p''q_2(c_p - c_o)}{p''q_1 + p''q_2 + 3p'} \right] q_2. \end{aligned} \quad (\text{A.7})$$

Si la fonction de demande est linéaire, $p'' = 0$, alors

$$\frac{\partial \bar{\pi}_2}{\partial x_1} = -2p' \frac{\partial q_2}{\partial x_1} q_2. \quad (\text{A.8})$$

Comme p' est négatif, une fonction de demande linéaire est une condition suffisante pour que $\frac{\partial \bar{\pi}_2}{\partial x_1}$ et $\frac{\partial q_2}{\partial x_1}$ soient du même signe.

BIBLIOGRAPHIE

- BRANDER, J.A., et B.J. SPENCER (1983), « Strategic Commitment with R&D: The Symmetric Case », *The Bell Journal of Economics* : 225-235.
- CANTWELL, J. (1991), « La théorie de la compétence technologique et son application à la production internationale », dans *Investissement étranger, technologique et croissance économique*, chapitre 2, Document de travail, Investissement Canada, sous la direction générale de D. MCFETRIDGE, University of Calgary Press, 41-84.
- COHEN, W.M., et D.A. LEVINTHAL (1989), « Innovation and Learning: The Two Faces of R&D », *The Economic Journal*, 99 : 569-596.
- COHEN, W.M. et D.A. LEVINTHAL (1990), « Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation », *Administrative Science Quarterly*, 35 : 128-152.
- CREPON, B., E. DUGUET, D. ENCOUA, et P. MOHNEN (1993), « Diffusion du savoir et incitation à l'innovation : le rôle des accords de coopération en recherche et développement », *Économie et Statistique* : 47-63.
- D'ASPREMONT, C., et A. JACQUEMIN (1988), « Cooperative and Noncooperative R&D in Duopoly with Spillovers », *American Economic Review*, 78 : 1 133-1 137.
- D'ASPREMONT, C., et A. JACQUEMIN (1990), « Cooperative and Noncooperative R&D in Duopoly with Spillovers: Erratum », *American Economic Review*, 80 : 641-642.
- FARRELL, J., et G. SALONER (1986), « Installed Base and Compatibility: Innovation, Product Preannouncements, and Predation », *American Economic Review*, 76 : 940-955.
- GUPTA, S. (1997), « Strategic Aspects of Supply Chain Relations: An Interdisciplinary Approach to the Analysis of Inter-Firm Cooperation and Competition », Dissertation Proposal, Faculty of Management, McGill University.
- HENRIQUES, I. (1990), « Cooperative and Noncooperative R&D in Duopoly with Spillovers: Comment », *American Economic Review*, 80 : 638-642.
- KAMIEN, M.I., E. MULLER, et I. ZANG (1992), « Research Joint Ventures and R&D Cartels », *American Economic Review*, 82 : 1 293-1 306.
- KATZ, M.L. (1986), « An Analysis of Cooperative Research and Development », *Rand Journal of Economics*, 17 : 527-543.
- KATZ, M.L., et J.A. ORDOVER (1990), « R&D Cooperation and Competition », *Brookings Papers: Microeconomics* : 137-203.
- KATZ, M.L. et C. SHAPIRO (1985), « Network Externalities, Competition, and Compatibility », *American Economic Review*, 75 : 424-440.
- KOGUT, B., et U. ZANDER (1993), « Knowledge of the Firm and the Evolutionary Theory of the Multinational Corporation », *Journal of International Business Studies*, 24 : 625-645.
- LA MANNA, M.M.A. (1994), « Research vs. Development: Optimal Patenting Policy in a Three-stage Model », *European Economic Review*, 38 : 1 423-1 440.

- MARJIT, S. (1991), « Incentives for Cooperative and Non-Cooperative R and D in Duopoly », *Economics Letters*, 37 : 187-191.
- MANSFIELD, E., M. SCHWARTZ, et S. WAGNER (1981), « Imitation Costs and Patents: An Empirical Study », *Economic Journal*, 91 : 907-918.
- MOTTA, M. (1992), « Cooperative R&D and Vertical Product Differentiation », *International Journal of Industrial Organization*, 10 : 643-661.
- MYERSON, R.B. (1991), *Game Theory: Analysis of Conflicts*, Harvard University Press, Cambridge, MA, London, England.
- ROSENKRANZ, S. (1995), « Innovation and Cooperation under Vertical Product Differentiation », *International Journal of Industrial Organization*, 13 : 1-22.
- SIMPSON, R.D., et N.S. VONORTAS (1994), « Cournot Equilibrium with Imperfectly Appropriable R&D », *The Journal of Industrial Economics*, 42 : 79-92.
- SUZUMURA, K. (1992), « Cooperative and Noncooperative R&D in an Oligopoly with Spillovers », *American Economic Review*, 82 : 1 307-1 320.
- STEURS, G. (1995), « Inter-industry R&D Spillovers: What Difference Do They Make? », *International Journal of Industrial Organization*, 13 : 249-276.
- TEECE, D. J. (1986), « Profiting from Technological Innovation: Implications for Integration, Collaboration, Licensing and Public Policy », *Research Policy*, 15 : 285-305.
- TELSEER, L.G. (1987), *A Theory of Efficient Cooperation and Competition*, Cambridge University Press, New York.
- TODAY'S OFFICE (1991), « Show Time: Partnerships Target AIIM », Juin : 36-39.
- VONORTAS, N.S. (1994), « Inter-firm Cooperation with Imperfectly Appropriable Research », *International Journal of Industrial Organization*, 12 : 413-435.