ANNALES D'ÉCONOMIE ET DE STATISTIQUE. - N° 35 — 1994

Investissement stratégique, incertitude et effet d'irréversibilité

Murat YILDIZOĞLU*

RÉSUMÉ. – Ce modèle étudie la création stratégique de barrières à l'entrée dans un modèle de marché à deux étapes. Nous montrons que l'effet stratégique de l'engagement à une capacité irréversible *ex ante* peut être une motivation insuffisante pour la firme installée si la demande de marché *ex post* est incertaine. Dans ce contexte l'effet stratégique doit être suffisamment fort pour contre-balancer la valeur d'option de l'investissement irréversible, afin que le blocage de l'entrée soit choisi.

Strategic Investment, Uncertainty and Irreversibility Effect

ABSTRACT. – In a simple model of two stage competition we show that the strategic effect of an irreversible commitment in *ex ante* capacity can be an insufficient motivation to blockade the entry for the incumbent if the *ex post* demand on the market is uncertain. In this context we show that this strategic effect must be strong enough to counterbalance the option value of the irreversible commitment.

---

* M. YILDIZOĞLU : Bureau d'économie théorique et appliquée, Université Louis Pasteur, Strasbourg. Je tiens à remercier Claude d'Aspremont, Patrick Cohendet, Rodolphe Dos Santos Ferreira, Sophie Lecostey, Patrick Llerena, Michel Moreaux, Hubert Stahn et Xavier Vives pour leurs critiques et commentaires.

1 Introduction

La théorie de la décision a montré que s'ils anticipent une croissance de l'information, les individus peuvent avoir une préférence pour la flexibilité et choisir d'adopter des positions flexibles (cf. JONES & OSTROY [1984]). D'autres travaux (cf. BOYER & MOREAUX [1989], VIVES [1989] et YILDIZOĞLU [1992]) montrent que les structures industrielles ne sont pas indépendantes de la flexibilité des positions (technologies) adoptées par les firmes sur le marché. Or, dans certaines situations, la renonciation à la flexibilité peut avoir une valeur stratégique.

En effet un individu qui a la possibilité de s'engager à une option irréversible avant le début du jeu peut influencer dans une large mesure le déroulement du jeu à son avantage. Un exemple ancien d'une telle situation concerne la situation de deux armées qui désirent occuper une île à laquelle elles acccèdent chacune par un pont. La première armée qui traverse son pont et qui le détruit derrière elle acquiert une position stratégique considérable en se privant de tout retrait possible et en menaçant son ennemi d'un combat à mort s'il essayait d'occuper l'île.

L'adoption d'une stratégie relativement irrréversible peut donc être source de menaces crédibles. Or ce type de situations peut correspondre à la création stratégique des barrières à l'entrée, comme nous l'a montré DIXIT [1980]. En particulier la réalisation d'un investissement stratégique irréversible avant le début du jeu de marché peut donner une position dominante à une firme installée, ce qui peut lui permettre d'influencer le jeu de marché de manière à empêcher l'entrée d'une firme concurrente [1].

Dans le cadre des jeux avec investissement stratégique en capacité, la firme installée a la possibilité d'adopter une capacité de production à la première période. L'adoption de cette capacité influence alors son ensemble de stratégies de la seconde période où le jeu de marché entre la firme installée et un entrant potentiel a lieu. L'influence de la capacité sur l'ensemble des stratégies de la seconde période peut passer par différents canaux. Chez Spence le choix de la capacité correspond au choix d'une borne supérieure stricte pour la production de la seconde période. Chez Dixit et Schmalensee cette influence apparaît uniquement au niveau des coûts variables à la seconde période. En effet, la capacité correspond dans ce cas à une certaine facilité de production pour les quantités inférieures à la capacité, relativement aux quantités supérieures à la capacité. Le coût marginal pour les premières est alors inférieur au coût marginal pour les secondes. Cet élément va apparaître clairement dans la définition des technologies dans notre modèle.

La firme installée peut donc influencer les conditions initiales et les équilibres du jeu de marché de seconde période par sa décision de capacité *ex ante*. En particulier, en choisissant une capacité suffisamment élevée, la

1. Cf. SPENCE [1977], DIXIT [1979], DIXIT [1980] et SCHMALENSEE [1981].

firme installée peut supprimer les opportunités de profit de l'entrant potentiel et donc le dissuader d'entrer. L'installation d'une capacité initiale peut donc être une source de création de barrières à l'entrée stratégiques.

La firme installée ne peut influencer le résultat du jeu de marché *ex post* que si sa décision de capacité *ex ante* influence effectivement les conditions initiales de ce jeu. Dixit établit cette possibilité par le biais du concept d'équilibre parfait en sous-jeux de SELTEN [1975]. Dans un tel équilibre, le choix de capacité *ex ante* de la firme installée va correspondre exactement à sa production optimale dans le jeu de marché *ex post.* Par conséquent la menace de la firme installée (une production égale à la capacité) sera effectivement exécutée dans la suite du jeu. La décision de capacité fournit donc une menace crédible pouvant servir au blocage de l'entrée. Nous appellerons cet effet de la capacité l'**effet stratégique**, puisqu'il permet à la firme installée de manipuler le comportement de l'entrant potentiel. Cet effet stratégique est fortement dépendant de trois propriétés de la capacité dans le modèle de Dixit. Premièrement, la capacité doit être irréversible, dans le sens où cette capacité ne peut être liquidée avant la fin du jeu, une fois que la firme installée s'engage à une capacité positive. Le coût de la capacité est alors irrécupérable [2]. La firme installée doit le supporter, même si elle décide de quitter le marché à la deuxième période. Deuxièmement, le choix d'une capacité positive impose sur la firme installée des économies d'échelle plus importantes pour les niveaux de production inférieurs à la capacité. Par conséquent elle est fortement incitée à utiliser pleinement cette capacité à la deuxième période. C'est la source de la crédibilité de sa menace. En dernier lieu, l'hypothèse d'information parfaite et complète implique que l'entrant potentiel observe parfaitement la capacité de la firme installée. Ainsi la décision de capacité peut directement influencer son évaluation des opportunités de profit sur le marché et l'effet stratégique peut pleinement jouer.

L'impact de l'effet stratégique de la capacité sur les barrières à l'entrée peut être clairement établi dans un modèle avec information parfaite et complète (comme c'est le cas pour DIXIT [1980]). Néanmoins, s'il existe une incertitude (par exemple, sur la demande) concernant les conditions du jeu *ex post,* un deuxième effet peut contrebalancer cet effet stratégique : l'**effet d'irréversibilité**. Cet effet est impliqué par le fait que, sous incertitude, la capacité peut perdre son efficacité en tant que menace car son optimalité *ex post* (et donc son utilisation pleine) va dépendre de la réalisation de la condition aléatoire du jeu. La firme installée va alors tenir compte, dans sa décision de capacité, de la possibilité qu'une capacité élevée (qui vise le blocage de l'entrée) se traduise par des coûts irrécupérables. Ces coûts seront une source d'inefficacité si la réalisation de la condition aléatoire correspond à une sous-utilisation de cette capacité (par exemple, si la demande est faible). La théorie de la décision a élaboré un concept qui permet de représenter cet effet d'irréversibilité (cf. HENRY [1974] et LLERENA [1985]). Le concept de **valeur d'option** permet de prendre en compte,

2. Au sens de BAUMOL, PANZAR & WILLIG [1982].

dans le processus de décision d'un agent, la réalisation d'un événement aléatoire défavorable à une décision irréversible (le principe de *bad news* de BERNANKE [1983]). Si cette valeur d'option est suffisamment forte, elle peut contrebalancer l'effet stratégique de la capacité et inciter la firme installée à ne pas bloquer l'entrée [3].

BONANNO [1988] introduit l'incertitude de manière assez élégante dans le modèle de Dixit. Il considère la possibilité que l'entrant potentiel ne puisse pas observer parfaitement l'engagement en capacité de la firme installée. Il montre alors que si cette possibilité a une probabilité non nulle (même si elle est très faible), les stratégies de blocage de l'entrée peuvent perdre leur intérêt aux yeux de la firme installée. En effet comme Bonanno le remarque

> ... commitment reduces profits with certainty, while entry, which reduces profits from monopoly to duopoly level is not certain. (BONANNO [1988], page 356)

Par conséquent, dans un contexte d'information incomplète, l'effet d'irréversibilité peut être considérablement fort et éliminer les stratégies de blocage de l'entrée. Le modèle qui sera exposé dans ce travail va montrer ce résultat en introduisant une incertitude sur la demande. Cette incertitude sera asymétrique dans la mesure où elle va peser exclusivement sur la firme installée. En fait, la firme installée va prendre sa décision de capacité sans connaître la réalisation exacte de la demande qui sera révélée au marché au début de la deuxième période, donc avant la décision d'entrée d'un concurrent. Par conséquent, la capacité est la variable *ex ante* et la quantité est la variable *ex post* pour la firme installée.

Notre modèle se distingue de celui de Bonanno par le rôle accordé à l'incertitude. En effet, dans le modèle de Bonanno, l'introduction de l'incertitude vise à affaiblir le mécanisme qui est à la base de la crédibilité d'une menace basée sur la capacité : l'observabilité parfaite de cette capacité. Dans notre approche la capacité conserve toutes les propriétés que nous avons signalées ci-dessus en ce qui concerne le modèle de Dixit. Par conséquent la capacité peut pleinement jouer son rôle de menace crédible et elle le joue effectivement pour certaines réalisations de la demande. C'est le comportement de la firme installée face à l'incertitude qui l'amène à choisir de ne pas exploiter pleinement cette menace. L'introduction d'une incertitude sur la nature, externe en quelque sorte à la problématique même de la capacité, nous permet d'établir clairement la relation entre deux littératures jusqu'alors assez distinctes : la théorie de la valeur d'option et l'analyse des barrières à l'entrée [4]. Ce modèle va donc nous permettre de montrer que l'effet stratégique qui est la source d'un blocage de l'entrée sera

3. Pour une autre application de ce résultat, cf. l'interprétation du modèle de APPELBAUM & LIM [1985] qui est donnée dans YILDIZOĞLU [1988].

4. Cf. YILDIZOĞLU [1992] pour une étude approfondie de ce problème.

dominé par un effet d'irréversibilité si le coût de la capacité n'est pas *trop* faible. La première section de ce travail sera consacrée à l'exposition des caractéristiques du modèle. La deuxième section va étudier l'équilibre de marché de seconde période. La dernière section va être consacrée à l'étude de la décision de capacité de la firme installée. Nous allons aussi étudier dans cette section l'impact d'une DCM [5] sur cette décision d'entrée.

2 Le modèle

C'est un modèle à deux périodes et à deux firmes: la firme installée (1) et l'entrant potentiel (2). A la première période 1 choisit sa capacité; à la deuxième période la décision d'entrée de 2 et le choix des quantités ont lieu.

Technologies

Etant donnée sa capacité initiale, la fonction de coût de la firme installée à la deuxième période est donnée par [6]:

$$C_1(q_1) = f + w \cdot q_1 + r \cdot k \quad \text{si} \quad q_1 < k \quad \text{et} \tag{1}$$

$$= f + (w + r) \cdot q_1 \quad \text{si} \quad q_1 \geqslant k, \tag{2}$$

où k est la capacité initiale, w le coût marginal constant, r le coût unitaire de la capacité et f, le coût fixe. La capacité initiale est **irréversible** dans la mesure où, une fois réalisée, la décision de capacité persiste jusqu'à la fin du jeu. Cette fonction peut s'écrire sous une forme plus aisée à interpréter:

$$C_1(q_1) = f + (w + r) \cdot q_1 + r \cdot \max\{0, k - q_1\}. \tag{3}$$

Il existe donc deux composantes dans les coûts. Une première composante correspond aux coûts variables unitaires donnés par la somme du coût marginal constant et du coût de la construction de la capacité nécessaire pour produire chaque unité de production. La deuxième composante prend sa source dans la sous-utilisation de la capacité quand la production *ex post* est inférieure à la capacité déjà construite.

L'entrant potentiel construit directement sa capacité pendant sa production. Sa fonction de coût est alors donnée:

$$C_2(q_2) = f + (w + r) \cdot q_2. \tag{4}$$

5. Dispersion conservant la moyenne – MPS, mean preserving spread.
6. Cf. DIXIT [1980].

Nous supposons une totale symétrie entre les deux structures de coût en ce qui concerne les paramètres. Par conséquent, la seule asymétrie qui peut apparaître est endogène au modèle et elle résulte de la décision de capacité de la firme installée. Cette asymétrie va se manifester au niveau du coût marginal de la firme installée:

$$Cm_1(q_1) = w \quad \text{si} \quad q_1 < k \quad \text{et} \tag{5}$$

$$= w + r \quad \text{si} \quad q_1 \geqslant k. \tag{6}$$

L'installation d'une capacité permet donc à la firme installée de baisser ses coûts marginaux de la seconde période.

Le rôle de la capacité est assez particulier dans ce modèle. En effet l'installation d'une capacité n'introduit pas un avantage, au niveau absolu des coûts, pour la firme installée. Elle permet de transformer une fraction des coûts variables en coûts fixes (les coûts fixes de la seconde période deviennent $f + r.k$ au lieu de f). La technologie de 1 correspond alors à des coûts fixes plus importants et donc à des économies d'échelle plus fortes à la deuxième période. La firme installée signale ainsi que les niveaux de production proches de la capacité seront optimaux dans la seconde période. C'est ce phénomène qui est à la base de l'effet stratégique de la capacité en tant qu'engagement crédible. La forme particulière de la fonction de coût nous permet d'isoler uniquement cet effet de la capacité.

Incertitude

Quand elle choisit sa capacité la firme installée ne connaît pas la demande à laquelle elle va faire face sur le marché. La demande inverse est alors aléatoire dans la première période:

$$p = f(\theta, Q), \qquad Q = q_1 + q_2, \tag{7}$$

où θ est une variable aléatoire avec une fonction de densité cumulative, $\Phi(\theta)$ [7], définie sur le support $[\underline{\theta}, \overline{\theta}]$. Nous retenons aussi les hypothèses usuelles sur les fonctions de demandes aléatoires:

$$\frac{\partial p}{\partial \theta} > 0, \qquad \frac{\partial p}{\partial Q} < 0 \qquad \text{et} \qquad \theta \geqslant 0. \tag{8}$$

Pour la résolution du modèle nous allons retenir une spécification linéaire avec une incertitude additive:

$$p = A + \theta - Q. \tag{9}$$

7. $\phi = \Phi'$

Cette spécification simplifie considérablement les calculs et elle est suffisante pour montrer notre idée principale. Nous supposerons, sans perte de généralité $\underline{\theta} = 0$.

Pour résoudre le modèle nous allons calculer l'équilibre parfait en sous-jeux. Dans les sections suivantes nous allons donc présenter de manière consécutive la solution du jeu de marché et le choix de la capacité optimale.

3 Le jeu de seconde période étant donnés θ et k

Pour une valeur donnée de θ, le problème de seconde période est identique au problème étudié dans Dixit [1980]. Le profit de la firme installée est donné par:

$$\begin{aligned}\Pi^1[q_1, q_2; \theta, k] &= (A + \theta - q_1 - q_2) \cdot q_1 \\ &\quad - [f + (w + r) \cdot q_1 + r \cdot \max\{0, k - q_1\}].\end{aligned} \tag{10}$$

Il est intéressant de remarquer que le profit est une fonction continue mais non dérivable en $q_1 = k$ [8]. Le choix de quantité de la firme installée dépend de deux dimensions importantes du problème de la dernière période, en fonction de la réalisation de la demande: l'entrée et l'utilisation de la capacité installée à la première période.

Etant donnée la capacité installée et la solution de duopole qui en découle, nous pouvons avoir deux cas selon la réalisation de la demande. Si la demande est faible ($\theta < \theta(k)$), alors il y a de la place seulement pour une firme sur le marché: nous avons un monopole. Si la demande est forte ($\theta \geq \theta(k)$), alors il y a de la place pour une deuxième firme sur le marché et l'entrée est intéressante: nous avons un duopole. Ces deux cas sont représentés dans la figure 1, pour un niveau donné de la capacité. Etant donnée sa capacité, la firme installée choisira de produire la quantité de monopole dans le premier cas et la quantité de duopole dans le deuxième cas.

8. Nous avons :
$$\lim_{q_1 \to k-} \frac{\partial \Pi^1[\cdot; q_2]}{\partial q_1} > \lim_{q_1 \to k+} \frac{\partial \Pi^1[\cdot; q_2]}{\partial q_1}.$$

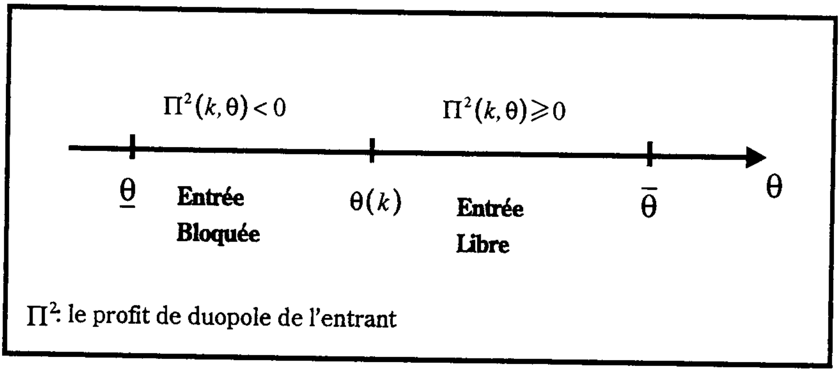

FIGURE 1
Réalisation de la demande et entrée.

Comme chez Dixit, la décision de quantité de la firme installée dépend dans ce modèle aussi de l'utilisation de la capacité. Dans notre cas cette décision dépend aussi de la réalisation de la demande. Etant donnée la capacité, si la demande est trop faible alors cette capacité sera excédentaire (le cas *a*), si la demande est trop forte alors la capacité sera insuffisante (le cas *c*) et pour des niveaux intermédiaires de la demande, cette capacité sera pleinement exploitée (le cas *b*). Nous représentons ces trois cas possibles dans la figure 2 [9]. Selon la condition sur l'entrée nous aurons ces trois cas pour le monopole ou pour le duopole.

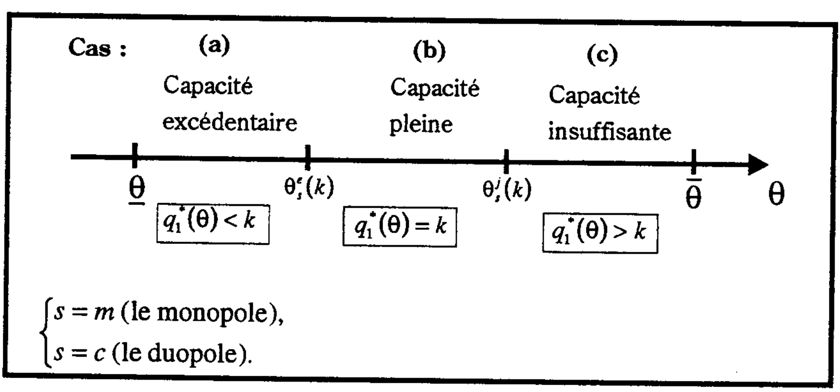

FIGURE 2
Réalisation de la demande et l'utilisation de la capacité.

9. Précisions : $\theta^e_m(k) = 2k + w - A$, $\theta^j_m(k) = 2k + w + r - A$, $\theta^e_c(k) = 3k + w - r - A$, $\theta^j_c(k) = 3k + w + r - A$.

Dans un duopole, chaque firme maximise son profit étant donnée la décision de quantité de son concurrent. La fonction de réaction de l'entrant potentiel est tout à fait habituelle et elle peut être aisément calculée :

$$(11) \qquad q_2^*(q_1, \theta) = \frac{A + \theta - q_1 - (w + r)}{2} \quad \text{si} \quad \Pi^2(q_1, q_2^*(q_1), \theta) \geqslant 0.$$

La fonction de réaction de 1 dépend de l'utilisation de la capacité à la seconde période et donc des valeurs de θ et de k. Nous allons caractériser la décision de quantité de la firme installée en fonction de l'utilisation de la capacité et de la condition d'entrée. Nous avons donc trois cas concernant l'utilisation de la capacité et pour chaque cas, deux sous-cas concernant la condition d'entrée. Etant donnée la capacité installée, la réalisation de la demande peut donc conduire à des équilibres de marché de six types à la seconde période.

a) Capacité excédentaire : Etant donné k, θ n'est pas suffisamment fort pour que cette capacité soit pleinement utilisée à l'équilibre de seconde période.

• $\Pi^2(q_1, q_2, \theta) \geqslant 0$: Duopole avec capacité excédentaire.

$$(12) \qquad \theta \leqslant \theta_c^e(k) \quad \text{et} \quad \theta \geqslant \theta(k) \Rightarrow q_1^*(q_2, \theta) = \frac{A + \theta - q_2 - w}{2}.$$

L'équilibre est alors donné par :

$$(13) \qquad (q_1^*, q_2^*) = \left(\frac{A + \theta - w + r}{3}, \frac{A + \theta - (w + 2r)}{3}\right).$$

• $\Pi^2(q_1, q_2, \theta) < 0$: Monopole avec capacité excédentaire.

$$(14) \qquad \theta \leqslant \theta_m^e(k) \quad \text{et} \quad \theta < \theta(k) \Rightarrow q^M(\theta) = \frac{A + \theta - w}{2}.$$

b) Capacité pleine : Etant donné k, la demande est suffisamment élevée (θ est suffisamment fort) pour l'ûtilisation de cette capacité.

• $\Pi^2(q_1, q_2, \theta) \geqslant 0$: Duopole avec pleine capacité.

$$(15) \qquad \theta_c^e(k) < \theta \leqslant \theta_c^j(k) \quad \text{et} \quad \theta \geqslant \theta(k) \Rightarrow q_1^*(q_2, \theta) = k.$$

L'équilibre est donné par :

$$(16) \qquad (q_1^*, q_2^*) = \left(k, \frac{A + \theta - (w + r) - k}{2}\right).$$

• $\Pi^2(q_1, q_2, \theta) < 0$: Monopole avec pleine capacité

$$(17) \qquad \theta_m^e(k) < \theta \leqslant \theta_m^j(k) \quad \text{et} \quad \theta < \theta(k) \Rightarrow q_M(\theta) = k.$$

c) Capacité insuffisante : Etant donné k, la demande est trop élevée pour que cette capacité soit suffisante.

• $\Pi^2(q_1, q_2, \theta) \geqslant 0$: Duopole avec capacité insuffisante

$$(18) \quad \theta > \theta_c^j(k) \quad \text{et} \quad \theta \geqslant \theta(k) \Rightarrow q_1^*(q_2, \theta) = \frac{A + \theta - q_2 - (w + r)}{2}.$$

L'équilibre est donné par :

$$(19) \qquad (q_1^*, q_2^*) = \left(\frac{A + \theta - (w + r)}{3}, \frac{A + \theta - (w + r)}{3}\right).$$

• $\Pi^2(q_1, q_2, \theta) < 0$: Monopole avec capacité insuffisante

$$(20) \qquad \theta > \theta_m^j(k) \quad \text{et} \quad \theta < \theta(k) \Rightarrow q^M(\theta) = \frac{A + \theta - (w + r)}{2}.$$

Nous représentons le profit de duopole de l'entrant dans la figure 3. L'étude de ce profit montre que le choix de la capacité de la firme installée a un impact direct sur la profitabilité de l'entrée pour son concurrent potentiel. En effet, pour une valeur donnée de k, il est aisé de vérifier

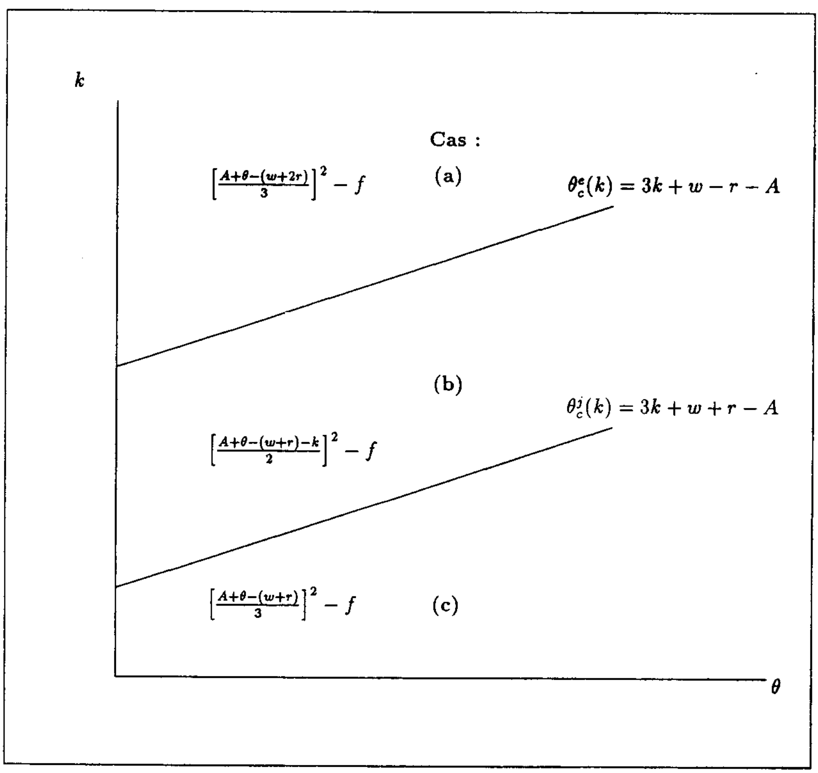

FIGURE 3
Profit de duopole de l'entrant et utilisation de la capacité.

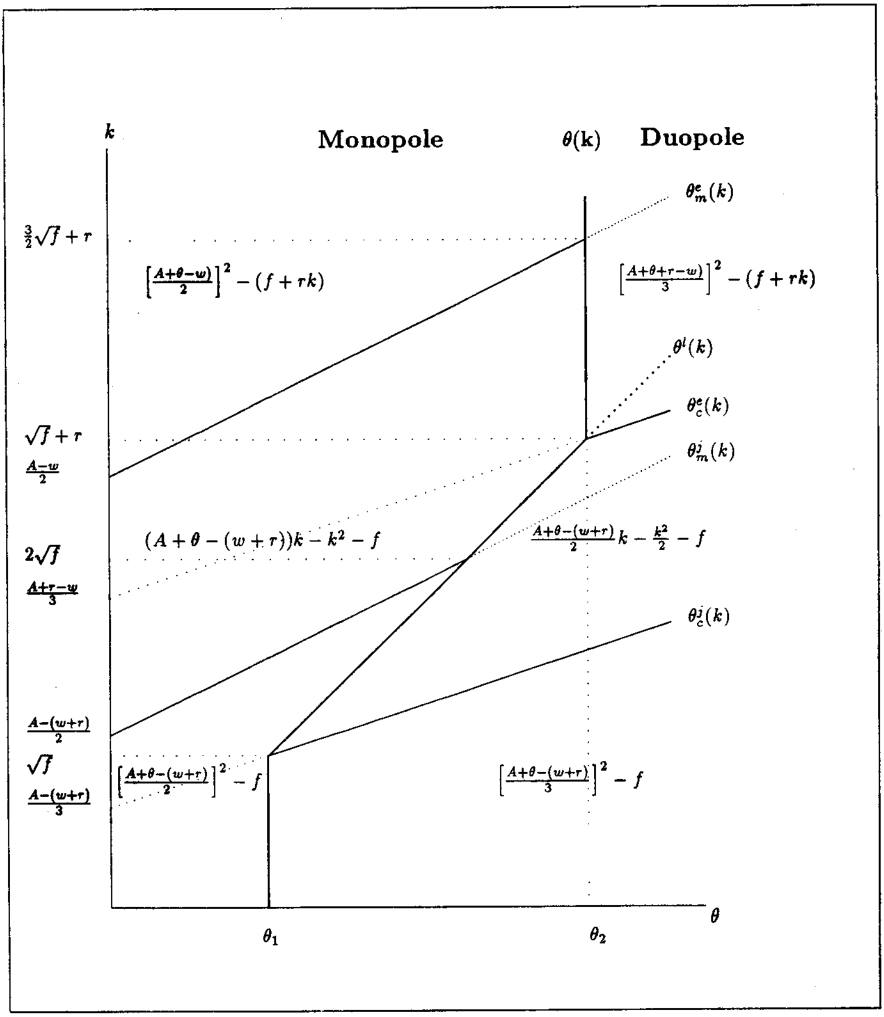

FIGURE 4
Profit de la firme installée dans l'équilibre de seconde période.

que si la demande est faible, l'entrée ne sera pas profitable. Ce phénomène correspond donc à une frontière donnée par l'état limite $\theta(k)$ qui sépare l'ensemble des états en deux sous-ensembles [10]:

(21) $$\theta < \theta(k) \Rightarrow \Pi^2(k, \theta) < 0 \quad \text{et}$$

(22) $$\theta \geqslant \theta(k) \Rightarrow \Pi^2(k, \theta) \geqslant 0.$$

10. $\theta(k)$ est la solution de l'équation $\Pi^2(k, \theta) = 0$.

Le profit optimal de l'entrant potentiel dépend de l'utilisation de la capacité de la firme installée. Il en est de même, par conséquent, pour la frontière $\theta(k)$ et elle est définie par les relations suivantes :

$$\theta(k) = \begin{cases} \theta_1 = 3\sqrt{f} + w + r - A & \text{si } k \leqslant \sqrt{f} & (23) \\ \theta^l(k) = k + 2\sqrt{f} + w + r - A & \text{si } k \in [\sqrt{f}, \sqrt{f} + r] & (24) \\ \theta_2 = 3\sqrt{f} + w + 2r - A & \text{si } k \geqslant \sqrt{f} + r. & (25) \end{cases}$$

Ces trois cas correspondent respectivement à une capacité insuffisante, à une capacité pleinement utilisée et à une capacité excédentaire. Ces relations ainsi que le profit de la firme installée pour des différents cas d'utilisation de capacité sont représentés dans la figure 4. Les cas $\theta < \theta(k)$ correspondent à un équilibre de seconde période avec l'entrée bloquée et la firme installée obtient son profit de monopole pour ces états. Nous observons alors qu'en augmentant sa capacité, la firme installée peut réduire la probabilité d'entrée $(P[\theta > \theta(k)])$ pour des valeurs intermédiaires de k. Ce phénomène correspond à l'**effet stratégique** de la capacité. La firme installée ne peut rendre nulle cette probabilité d'entrée que si l'on a $\overline{\theta} \leqslant \theta_2$. Nous allons supposer dans la suite du modèle que $\overline{\theta} = \theta_2$, pour donner cette possibilité à la firme installée. A partir de $\sqrt{f} + r$ une capacité supplémentaire n'a plus d'effet sur la probabilité d'entrée [11] puisqu'elle serait de toute façon excédentaire.

Nous avons maintenant totalement caractérisé l'équilibre de seconde période. En prenant sa décision de capacité, la firme installée doit tenir compte des différents cas de figure comme cela va apparaître dans la prochaine section.

4 Choix de la capacité optimale

Quand elle prend sa décision de capacité, la firme installée ignore la réalisation particulière de la demande. Nous supposons qu'elle est neutre vis-à-vis du risque. Par conséquent elle va choisir une capacité qui va maximiser le profit espéré $\mathbf{E}_\theta[\Pi^1(k, \theta)]$. Si nous notons par Π^m le profit de monopole et par Π^1 le profit de duopole pour la firme installée, l'objectif de la firme installée sera alors [12] :

$$\max_k \left\{ \int_{\underline{\theta}}^{\theta(k)} \Pi^m(k, \theta)\, d\Phi(\theta) + \int_{\theta(k)}^{\overline{\theta}} \Pi^1(k, \theta)\, d\Phi(\theta) \right\} \qquad (26)$$

11. Cf. figure 4.

12. Cette notation ne tiendra pas compte des problèmes liés à l'utilisation de la capacité.

La firme installée est sûre de bloquer l'entrée si elle installe une capacité au moins égale à $k^l = \sqrt{f} + r$ puisque nous aurons dans ce cas $P[\theta > \theta^l(k)] = 0$. Par conséquent dans la suite nous allons nous situer au voisinage de cette capacité limite pour étudier le blocage de l'entrée.

L'objectif de la firme ne correspond pas à une expression simple et il se compose de différentes fonctions pour les différentes valeurs de k selon l'utilisation de la capacité à la deuxième période. On peut néanmoins vérifier aisément que les différentes fonctions de profits *ex post* sont concaves en k et le profit espéré, qui est une combinaison linéaire de fonctions concaves, est aussi concave en k. La condition nécessaire et suffisante de maximisation du profit espéré est donc donnée par:

$$k^* = \arg\left\{\frac{\partial E[\Pi^1(k, \theta)]}{\partial k} = 0\right\}. \tag{27}$$

Nous allons étudier cette condition au voisinage de k^1. Dans ce voisinage une augmentation de la capacité réduira la probabilité d'entrée et elle sera donc source de barrières à l'entrée [13]. La firme installée ne choisira d'augmenter sa capacité qui si et seulement si:

$$\frac{\partial E[\Pi^1(k, \theta)]}{\partial k} \geqslant 0. \tag{28}$$

C'est cette condition qui va guider la décision de capacité de la firme installée. Pour une capacité inférieure à la capacité limite $k^l = \sqrt{f} + r$, la vérification de la condition précédente conduira la firme installée à augmenter sa capacité et donc à réduire la probabilité d'entrée. Nous allons maintenant étudier la vraisemblance d'une telle situation dans notre modèle.

- $k \in \left[\frac{A-w}{2}, \sqrt{f} + r\right[$

Dans cet intervalle nous avons

$$\begin{aligned} E[\Pi^1(k, \theta)] = &\int_0^{\theta_m^e(k)} \left[\left(\frac{A+\theta-w}{2}\right)^2 - f - rk\right] \cdot \phi(\theta)\, d\theta \\ &+ \int_{\theta_m^e(k)}^{\theta^l(k)} \left[(A+\theta-(w+r))\,k - k^2 - f\right] \cdot \phi(\theta)\, d\theta \\ &+ \int_{\theta^l(k)}^{\theta_2} \left[\frac{A+\theta-(w+r)}{2}\,k - \frac{k^2}{2} - f\right] \cdot \phi(\theta)\, d\theta. \end{aligned} \tag{29}$$

13. Dans un modèle stochastique comme le nôtre, les barrières à l'entrée ne peuvent être évaluées qu'en termes de probabilités d'entrée.

La condition 28 devient alors:

$$(30)\quad \frac{dE\left[\Pi^{1}(k,\theta)\right]}{dk}$$
$$= \int_{\theta_m^e(k)}^{\theta^l(k)} [A+\theta-(w+r)-2k]\cdot\phi(\theta)\,d\theta \qquad (= \mathbf{I}_1(k))$$
$$+\frac{1}{2}\int_{\theta^l(k)}^{\theta_2} [A+\theta-(w+r)-2k]\cdot\phi(\theta)\,d\theta \qquad (= \mathbf{I}_2(k))$$
$$-r\cdot\Phi(\theta_m^e(k)) \qquad (= \mathbf{I}_3(k))$$
$$+k\sqrt{f}\cdot\phi(\theta^l(k))\cdot\frac{d\theta^l(k)}{dk} \qquad (= \mathbf{S}(k)).$$
$$\geqslant 0.$$

Cette condition s'écrit donc sous une forme simplifiée:

$$(31)\qquad \frac{\partial E\left[\Pi^{1}(k,\theta)\right]}{\partial k} = I_1(k)+I_2(k)+I_3(k)+S(k)\geqslant 0,$$

avec, dans cet intervalle,

$$I_1<0,\qquad \frac{\partial I_1}{\partial k}<0,$$
$$I_2<0,\qquad \lim_{k\to\sqrt{f}+r} I_2=0,$$
$$I_3<0,\qquad \frac{\partial I_3}{\partial k}<0,\quad \text{et}$$
$$S>0,\qquad \frac{\partial S}{\partial k}>0 \text{ si } \Phi \text{ est convexe},\qquad S(\sqrt{f}+r)=0.$$

S correspond à l'effet d'une expansion de la capacité sur la probabilité d'entrée. Par conséquent il représente parfaitement l'**effet stratégique** de la capacité. En effet, la capacité n'a de valeur stratégique que dans la mesure où elle réduit l'ensemble des états θ pour lesquels l'entrée est profitable ($\theta > \theta(k)$). Cet effet est positif et croissant si $\theta^l(k)$ correspond à une portion convexe[14] de la fonction de densité cumulative. Cet effet incite donc

14. La convexité de Φ est une condition suffisante. La condition nécessaire est donnée par $\Phi''(\theta^l(k))/\Phi'(\theta^l(k)) > -1/k$. Il est nécessaire que Φ ne soit pas fortement concave en $\theta^l(k)$.

la firme à augmenter sa capacité pour jouir d'une position plus favorable à l'équilibre de la deuxième période.

Les trois autres effets sont négatifs [15]. Nous remarquons que I_3 correspond exactement au principe de *bad news* de Bernanke (1983). En effet, cet élément est dominé par deux variables défavorables à l'adoption de la capacité : le coût unitaire, r et la probabilité que la capacité soit excédentaire. Cet effet correspond donc à l'impact de la réalisation d'un **état défavorable** à une capacité forte, installée en vue de bloquer l'entrée. Plus la capacité est élevée, plus cet effet est fort car les états où cette capacité serait excédentaire deviennent relativement plus vraisemblables. Cet élément représente donc un **effet d'irréversibilité.** Les composantes I_1 et I_2 correspondent aussi à un effet d'irréversibilité. Il est intéressant de noter que ces effets apparaissent pour des états où la capacité sera pleinement utilisée (respectivement dans un monopole et dans un duopole). Mais, même dans ces états, l'installation d'une capacité initiale faible et un ajustement *ex post* peuvent correspondre à une amélioration de la situation globale de la firme. En effet, si la firme 1 connaissait exactement θ alors elle aurait installé dans ces cas une capacité seulement égale à, respectivement, $\theta_m^{j-1}(\theta)$ et $\theta_c^{j-1}(\theta)$. Ces trois composantes correspondent, par conséquent, à la **valeur d'option** d'une augmentation de la capacité : le regret potentiel de la firme installée si elle installe cette capacité supplémentaire avant la réalisation de la demande et donc avant la croissance de l'information dont elle dispose. Ainsi, la firme installée va choisir d'augmenter sa capacité et de réduire la probabilité d'entrée uniquement si l'effet stratégique de cette capacité supplémentaire domine la valeur d'option qui résulte de son irréversibilité. Cette condition peut s'écrire de la façon suivante :

$$(32) \qquad S(k) \geqslant -(I_1(k) + I_2(k) + I_3(k)) = VO(k) > 0,$$

où VO correspond à la valeur d'option de la capacité supplémentaire irréversible.

Cette condition peut limiter considérablement l'importance des stratégies de blocage de l'entrée par rapport au cas d'un univers certain où un effet stratégique positif serait suffisant : l'introduction de l'incertitude rend plus difficile le blocage de l'entrée. Néanmoins nous ne pouvons conclure à l'abolition de telles stratégies car la domination d'un effet sur l'autre ne peut être clairement établie dans cet intervalle [16].

Pour les capacités supérieures à $\sqrt{f} + r$, le résultat peut être clairement établi, car l'effet stratégique doit disparaître nécessairement pour ces états.

- $k \in \left[\sqrt{f} + r, \frac{3}{2}\sqrt{f} + r\right[$

15. Dans cet intervalle nous avons $k > (A + \theta - (w + r))/2$.
16. Les simulations que nous avons effectuées avec une loi uniforme montrent que si le coût de la capacité est suffisamment important, l'entrée ne sera pas bloquée.

Le profit espéré marginal devient dans cet intervalle :

$$(33) \qquad \frac{dE\,[\Pi^1(k,\theta)]}{dk} = \int_{\theta_m^e(k)}^{\theta_2} [A+\theta-(w+r)-2k]\cdot\phi(\theta)\,d\theta - r\cdot\Phi(\theta_m^e(k)) = I_1(k)+I_3(k) < 0.$$

Dans cet intervalle il reste uniquement l'effet d'irréversibilité ; une capacité supplémentaire perd assez naturellement tout son rôle stratégique ($\theta(k) = \theta_2$ est une constante dans cet intervalle). Par conséquent la probabilité d'entrée restera positive et l'entrée ne sera jamais totalement bloquée : la firme installée choisit de ne pas bloquer l'entrée malgré la possibilité qui lui est *offerte*. Ici un blocage de l'entrée doit correspondre à une probabilité d'entrée nulle. Dans notre cas le marché est donc *ex post contestable* selon la terminologie d'Appelbaum & Lim [1985]. Naturellement ce résultat n'exclut pas que l'entrée soit bloquée pour certaines réalisations particulières de $\theta\,(\theta_0 < \theta^l(k^*))$.

Croissance de l'information et effet d'irréversibilité

Dans l'analyse des comportements face à l'incertitude, la théorie de la décision a établi que plus la croissance de l'information anticipée est importante, plus la valeur d'une option flexible (sa valeur d'option) est élevée. Par conséquent, l'effet d'irréversibilité est plus forte et il joue en défaveur d'une option irréversible. Dans notre modèle, du fait de la résolution totale de l'incertitude avant la seconde période, la croissance de l'information anticipée sera plus importante si l'incertitude initiale est plus forte. Dans ce cadre, une croissance de l'incertitude initiale doit réduire les incitations de la firme installée quant à l'adoption d'une capacité irréversible.

Nous allons maintenant étudier l'impact d'une croissance de l'information sur la capacité optimale. Pour ce faire nous allons nous situer de nouveau au voisinage de k^l. Cette étude sera menée de manière tout à fait similaire à l'analyse de Boyer & Moreaux [1989]. Nous allons étudier l'impact d'une DCM (dispersion conservant la moyenne - MPS), $\tau(\theta)$, sur le choix de la capacité optimale. L'étude sera effectuée sur le support $[0, \theta_2]$. $\tau(\theta)$ est une DCM, elle a alors les propriétés suivantes :

$$(34) \qquad \int_0^{\theta_2} \theta\tau(\theta)\,d\theta = 0, \qquad T(\theta_2) = 0, \qquad \int_0^{\theta_2} T(\theta)\,d\theta = 0,$$

$$(35) \qquad \exists z : \quad T(\theta) \geqslant 0 \quad \text{pour } \theta \leqslant z \qquad \text{et} \qquad T(\theta) \leqslant 0 \quad \text{pour } \theta > z,$$

$$(36) \qquad z(\theta) \text{ concave} \quad \Rightarrow \quad \int_0^{\theta_2} z(\theta)\,\tau(\theta)\,d\theta < 0.$$

où $T(.)$ est la fonction cumulative correspondant à $\tau(\theta)$.

La nouvelle fonction de densité sera alors donnée par :

$$\omega(\theta) = \phi(\theta) + \varepsilon \cdot \tau(\theta). \tag{37}$$

L'impact sur k^* d'une croissance marginale de l'incertitude peut être alors étudié à partir du différentiel total de l'équation (27) évalué au point k^* :

$$\frac{\partial^2 E\,\Pi^1}{\partial k^2} \cdot dk + \frac{\partial^2 E\,\Pi^1}{\partial k\,\partial \varepsilon} \cdot d\varepsilon = 0, \tag{38}$$

$$\lim_{\varepsilon \to 0} \frac{\partial k^*}{\partial \varepsilon} = \lim_{\varepsilon \to 0} \frac{\frac{\partial^2 E\,\Pi^1}{\partial k\,\partial \varepsilon}}{\frac{\partial^2 E\,\Pi^1}{\partial k^2}}. \tag{39}$$

La condition de deuxième ordre sur la maximisation du profit espéré implique un dénominateur négatif. Par conséquent $\partial k^*/\partial \varepsilon$ est de même signe que la limite du numérateur. Nous devons donc étudier ce signe. Nous avons :

$$\begin{aligned} \left.\frac{\partial^2 E\,\Pi^1}{\partial k \partial \varepsilon}\right|_{\varepsilon=0} &= -2\,r \int_0^{\theta_m^e(k)} \tau(\theta)\,d\theta + 2\,k\sqrt{f}\,\tau(\theta^l(k)) \\ &\quad + 2 \int_{\theta_m^e(k)}^{\theta^l(k)} (A + \theta - 2\,k - r - w)\,\tau(\theta)\,d\theta \\ &\quad + 2 \int_{\theta^l(k)}^{\theta_2} (A + \theta - 2\,k - w - r)\,\tau(\theta)\,d\theta. \end{aligned} \tag{40}$$

Cette expression ne se simplifie pas de manière à nous permettre d'utiliser les propriétés générales d'une DCM. Par conséquent son signe ne peut être déterminé pour une DCM quelconque car il dépend du poids relatif que $\tau(\theta)$ met sur des différents intervalles et valeurs de θ. En effet l'impact d'une croissance de l'incertitude sur la capacité optimale dépend du poids que la DCM met sur les deux effets : l'effet stratégique et l'effet d'irréversibilité [17]. En particulier le poids de $\theta^l(k)$ apparaît comme un élément déterminant selon qu'il est positif ou négatif.

Une croissance de l'incertitude peut donc inciter la firme installée à diminuer ou augmenter sa capacité optimale selon la nature particulière de cette croissance. Il n'existe pas de conclusion générale.

Toujours en suivant l'analyse de Boyer & Moreaux, nous pouvons étudier les conclusions des travaux de Jones & Ostroy [1984] en ce qui concerne ce modèle. En effet, la fonction de profit de la firme peut être décomposée

---

17. Nous retrouvons les différents éléments qui apparaissaient dans $\partial E\,\Pi^1/\partial k$ mais calculés avec les nouveaux poids $\tau(\theta)$.

en différents termes similaires à l'analyse de Jones & Ostroy. Nous avons alors :

$a = k$, la décision initiale

$b = q_1$, la décision de la seconde période

$r(a, s) = -f$, le gain de la décision initiale

$u(b, s) = (p(Q) - r - w).q_1$, le gain de la décision de la seconde période

$c(a, b, s) = r \cdot \max\{0, k - q_1\}$, le coût de passage.

Le coût de passage correspond à une sous-utilisation de la capacité. Avec cette décomposition nous avons les propriétés requises pour $c(a, b, s)$:

$$c(a, b, s) \geqslant 0 \ \forall b \qquad \text{et} \qquad c(a, b, s) = 0 \quad \text{si } q \geqslant k,$$

il n'est pas intéressant *a priori* de dévier de la capacité et il existe des alternatives à coût de passage nul. Alors une augmentation de l'incertitude (le passage de $\phi(\theta)$ à $\omega(\theta)$ va impliquer l'adoption d'une capacité $k_1 < k_2$ si :

$$(41) \qquad \int_0^{\theta_2} \Pi^1(k_1)\,\omega(\theta)\,d\theta - \int_0^{\theta_2} \Pi^1(k_1)\,\phi(\theta)\,d\theta \geqslant \int_0^{\theta_2} \Pi^1(k_2)\,\omega(\theta)\,d\theta - \int_0^{\theta_2} \Pi^1(k_2)\,\phi(\theta)\,d\theta.$$

Pour $\varepsilon = 1$ cette expression devient :

$$\left[\int_0^{\theta_m^e(k_1)} \Pi_m^e(k_1, \theta) \cdot \tau(\theta)\,d\theta - \int_0^{\theta_m^e(k_1)} \Pi_m^e(k_2, \theta) \cdot \tau(\theta)\,d\theta\right] + \left[\int_{\theta_m^e(k_1)}^{\theta^l(k_1)} \Pi_m^j(k_1, \theta) \cdot \tau(\theta)\,d\theta - \int_{\theta_m^e(k_2)}^{\theta^l(k_2)} \Pi_m^j(k_2, \theta) \cdot \tau(\theta)\,d\theta\right] + \frac{1}{2}\left[\int_{\theta^l(k_1)}^{\theta_2} \Pi_c^j(k_1, \theta) \cdot \tau(\theta)\,d\theta - \int_{\theta^l(k_2)}^{\theta_2} \Pi_j^c(k_2, \theta) \cdot \tau(\theta)\,d\theta\right] \geqslant 0$$

avec

$$\Pi_m^e(k, \theta) = \left[\frac{A + \theta - w}{2}\right]^2 - rk,$$

$$\Pi_m^j(k, \theta) = (A + \theta - (w - r))\,k - k^2 \quad \text{et}$$

$$\Pi_c^j(k, \theta) = A + \theta - (w - r)\,k - k^2.$$

De nouveau cette inégalité dépend fortement du poids relatif que $\tau(\theta)$ attribue aux différents intervalles. Comme on est dans l'impossibilité de simplifier cette expression en utilisant les propriétés générales d'une DCM, on ne peut obtenir une conclusion générale quant au signe de cette différence.

Les effets sur les bornes des intégrales et sur les fonctions de profits qu'elles contiennent sont claires, mais l'effet global dépend des différentes valeurs de $\tau(\theta)$. Par conséquent une croissance de l'incertitude n'implique pas nécessairement l'adoption d'une position plus flexible. En effet le résultat final dépendra du poids qu'accorde $\tau(\theta)$ à l'effet stratégique et à l'effet d'irréversibilité.

5 Conclusion

Nous avons essayé de montrer dans ce travail que la prise en compte du désir de flexibilité des agents dans un contexte d'information incomplète peut modifier les résultats concernant la création stratégique des barrières à l'entrée. Nous avons montré en particulier que l'installation d'une capacité initiale élevée peut ne pas être désirée par une firme installée, malgré l'importance stratégique d'une telle capacité. En effet, l'irréversibilité de la capacité, qui est la raison de son utilisation en tant que menace crédible, est aussi une source de coûts irrécupérables pour la firme. Par conséquent, si la valeur d'option due à cette irréversibilité compense l'effet stratégique espéré, la firme installée peut renoncer à cet effet et donc au blocage de l'entrée. Ce modèle permet donc de faire apparaître le rôle que peut jouer la présence d'un effet d'irréversibilité dans le contexte de l'Economie Industrielle. Néanmoins il ne permet pas d'établir une relation croissante entre cet effet et la croissance de l'information. En effet ce problème semble apparaître dès que les modèles étudiés sont relativement complexes, ce qui est souvent le cas des modèles de marché (cf. Yildizoğlu [1992]).

• Références bibliographiques

Appelbaum, E. C. et Lim, C. (1985). – "Contestable Markets under Uncertainty", *Rand Journal of Economics*, 16, pp. 28-40.

Baumol, W. J., Panzar, J. C. et Willig R. D. (1982). – "Contestable Markets and the Theory of Industry Structure", Harcourt Brace Jovanovich, San Diego.

Bernanke, B. S. (1983). – "Irreversibility, Uncertainty, and Cyclical Investment", *Quarterly Journal of Economics*, 98, pp. 85-106.

Bonanno, G. (1988). – "Entry Deterrence With Uncertain Entry and Uncertain Observability of Commitment", *International Journal of Industrial Organization*, 6, pp. 351-362.

Boyer, M. et Moreaux, M. (1989). – "Uncertainty, Capacity and Flexibility: the Monopoly Case", *Annales d'Economie et de Statistique*, 15-16, pp. 291-313.

Dixit, A. (1979). – "A Model of Oligopoly Suggesting a Theory of Barriers to Entry", *Bell Journal of Economics*, 10, pp. 20-32.

Dixit, A. (1980). – "The Role of Investment in Entry Deterrence", *The Economic Journal*, 90, pp. 95-106.

Henry, C. (1947a). – "Option Values in the Economics of Irreplaceable Assets", *Review of Economic Studies, Symposium*, pp. 89-104

Jones, R. A. et Ostroy, J. M. (1984). – "Flexibility and Uncertainty", *Review of Economic Studies*, 51, pp. 13-32.

Llerena, P. (1985). – "Décision avec Incertitude et Irréversibilité : Fondements de la Théorie de la Valeur d'Option et Application aux Investissements Productifs", Thèse de Doctorat d'Etat, 493 pages, U.L.P., Strasbourg.

Rothschild, M. et Stiglitz, J. E. (1970). – "Increasing Risk I : A Definition", *Journal of Economic Theory*, 2, pp. 225-243.

Rothschild, M. et Stiglitz, J. E. (1971). – "Increasing Risk II : Its Economic Consequences", *Journal of Economic Theory*, 3, pp. 66-84.

Schmalensee, R. (1981). – "Economies of Scale and Barriers to Entry", *Journal of Political Economy*, 89, pp. 1228-1238.

Selten R. (1975). – "Reexamination of the Perfectness Concept for Equilibrium Points in Extensive Games", *International Journal of Game Theory*, 4, pp. 25-55.

Spence, A. M. (1977). – "Entry, Capacity, Investment and Oligopolistic Princing", *Bell Journal of Economics*, 8, pp. 534-544.

Vives, X. (1989). – "Technological Competition, Uncertainty, and Oligopoly", *Journal of Economic Theory*, 48, pp. 386-415.

Yildizoğlu, M. (1988). – "Marchés Contestables, Incertitudes et Structure Industrielle", Mémoire de D.E.A. d'Analyse Economique, 91 pages, U.L.P., Strasbourg.

Yildizoğlu, M. (1991). – "Strategic Investment, Uncertainty and Irreversibility Effect", Présentation aux 8 Journées de Microéconomie Appliquée, 26, 30-31 Mai, Caen.

Yildizoğlu, M. (1992). – "Barrières à l'Entrée et Flexibilité", Thèse de Doctorat en sciences économiques, Université Louis Pasteur, Strasbourg.