

# Etendue des accords de collusion et choix technologiques

Armel JACQUES\*

9 septembre 2007

## 1 Introduction

Depuis l'article de Friedman (1971), la collusion a été l'objet d'un grand nombre d'études<sup>1</sup>. Cependant, malgré cette multiplication des travaux, certains aspects du problème semblent encore méconnus. Whinston (2006) note, par exemple, que les économistes n'ont pas encore une bonne connaissance des nécessités de communication entre les firmes pour mettre en place des accords de collusion alors que ce point semble primordial, puisque c'est essentiellement la communication entre les firmes que les législations interdisent. Un autre point important, en partie lié au précédent, est l'étendue des accords de collusion. Il est souvent avancé que, lorsque les firmes s'entendent pour limiter l'intensité de la concurrence en prix ou en quantités, la concurrence qu'elles se livrent dans d'autres dimensions (publicité, services annexes, innovation des produits, nombre de points de vente, investissements en capacités, etc) peut devenir plus vive. Plusieurs travaux ont ainsi montré que cette intensification de la concurrence dans les autres dimensions pouvait dominer les effets de la réduction de la concurrence en prix et en quantités et entraîner une réduction des profits obtenus dans ces modèles de semi-collusion au-dessous du niveau des profits obtenus

---

\*CERESUR, 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.

<sup>1</sup>Voir Jacques (2007) pour une synthèse.

en l'absence de collusion (Fershtman et Gandal, 1994 ; Jacques, 2006). On peut alors s'interroger sur les facteurs qui empêchent les firmes d'étendre leur accord de collusion à ces autres dimensions pour augmenter leurs profits. On avance souvent que ces autres dimensions sont plus difficiles à observer et à contrôler. Mais, généralement, l'étendue des accords est fixée de façon exogène par hypothèse et n'est pas un résultat des modèles. En outre, les économistes divergent sur l'hypothèse retenue. Certaines études supposent que les firmes font un premier choix de façon non-coopérative et ne s'engagent qu'ensuite dans un accord de collusion tacite ne portant que sur les prix ou les quantités. C'est le cas notamment de Davidson et Deneckere (1990) et Fershtman et Gandal (1994), où les firmes choisissent leurs capacités de façon non-coopérative, de Jehiel (1992) et Friedman et Thisse (1993), où les firmes choisissent non-coopérativement la localisation de leur produit, de Brod et Shivakumar (1999), où les firmes choisissent des niveaux de R&D et de Jacques (2006), où les firmes choisissent une technologie flexible ou dédiée, qui détermine l'étendue de leur gamme de production. D'autres études, au contraire, supposent que l'accord de collusion peut être étendu à ce premier choix et qu'une déviation lors de ce premier choix entraîne l'annulation de l'accord de collusion sur les prix ou les quantités. C'est notamment le cas de Chang (1992) et de Häckner (1995) dans des modèles de choix de design des produits et de Pénard (1997) dans un modèle de choix de capacités. Le lien établi entre l'accord de collusion sur les prix et la coopération dans d'autres dimensions est parfois un peu différent. Par exemple, Martin (1995) montre que les firmes peuvent renforcer la stabilité d'un accord de collusion tacite en liant la continuation d'une recherche commune dans une *joint-venture* au respect de l'accord de collusion tacite. Les études divergent donc sur les hypothèses faites quant à la possibilité d'étendre les accords de collusion à d'autres dimensions que les prix ou les quantités produites. Si l'étendue des accords de collusion dépend des possibilités des firmes d'observer et de contrôler les choix de leurs concurrentes dans ces autres dimensions, il est probable qu'elle varie d'une industrie à l'autre. Retenir la même hypothèse dans toutes les études ne permettrait donc pas de couvrir toutes les situations rencontrées en pratique. Il semble donc pertinent d'étudier les équilibres obtenus dans des modèles de semi-collusion et ceux obtenus dans des modèles où la collusion totale est possible. Cependant, l'étude en parallèle de ces deux familles de modèle devrait être complétée d'une recherche permettant de déterminer dans quelles situations chacun des modèles

semble le plus pertinent.

Dans cet article, on étudie les choix technologiques de flexibilité des firmes en fonction de l'étendue des accords de collusion possibles. La flexibilité est une dimension importante de la stratégie des firmes. Les possibilités de modifier rapidement le rythme de production, de changer le design des biens produits à un coût faible, de produire une gamme de biens étendue sur les mêmes chaînes de production, de remplacer un input par un autre, d'intégrer rapidement une innovation de procédé dépendent du degré de flexibilité des firmes. Ce dernier résulte des choix technologiques et organisationnels des firmes. L'adoption de chaînes de production très automatisées avec des robots polyvalents renforce la flexibilité des firmes et leurs possibilités de produire plusieurs biens dans le même site de production. L'organisation interne des firmes et la forme des contrats passés avec les fournisseurs de biens intermédiaires influencent aussi fortement la flexibilité des firmes. La flexibilité est un concept multidimensionnel. Cependant, dans les travaux formalisés, on se restreint généralement à n'étudier qu'une seule dimension de la flexibilité<sup>2</sup>. Dans cette étude, on se concentre sur la possibilité offerte par les chaînes de production flexibles d'étendre la gamme des biens produits. Cet aspect de la flexibilité a déjà fait l'objet de plusieurs études. Deux résultats importants émergent de cette littérature. Premièrement, l'adoption des technologies flexibles renforce la concurrence entre les firmes que cette concurrence soit en quantités (Röller et Tombak, 1990) ou en prix (Norman et Thisse, 1999). Deuxièmement, l'apparition des technologies flexibles en renforçant la concurrence entre les firmes peut conduire à une réduction du nombre des firmes et à une plus forte concentration (Eaton et Schmitt, 1994, Norman et Thisse, 1999). Ces résultats ont, cependant, été obtenus en supposant que les firmes se faisaient réellement concurrence et qu'elles ne passaient pas d'accords de collusion. Jacques (2006) a commencé à explorer les interactions entre les choix technologiques de flexibilité et la collusion. Les principaux résultats de cette première étude sont les suivants. Premièrement, lorsque les firmes se livrent une concurrence à la Bertrand, la collusion peut être plus facilement soutenue lorsque les deux firmes ont des technologies flexibles que lorsqu'elles ont des technologies dédiées. Deuxièmement, la collusion peut être plus facile à soutenir lorsque l'une des firmes est équipée d'une technologie flexible et sa

---

<sup>2</sup>Voir Jacques (2003) pour une synthèse de la littérature couvrant plusieurs aspects de la flexibilité.

concurrente d'une technologie dédiée que lorsque les deux firmes sont équipées de la même technologie. Troisièmement, la zone des paramètres dans laquelle les deux firmes adoptent la technologie flexible est plus vaste dans le modèle avec semi-collusion que dans le modèle où la collusion est exclue par hypothèse. Quatrièmement, le coût de ces investissements supplémentaires en flexibilité peut dominer les gains de la collusion et provoquer une réduction du profit des firmes par rapport à la situation sans collusion. Cette première étude n'a, toutefois, pas épuisé le sujet et beaucoup de travail reste à fournir pour avoir une compréhension complète des interactions entre les choix technologiques de flexibilité et la collusion. Jacques (2006) suppose que les firmes choisissent leur technologie non-coopérativement avant de passer un accord de collusion tacite. Il étudie donc un modèle de semi-collusion et exclue les accords de collusion totale portant à la fois sur les prix ou les quantités et les choix technologiques des firmes. Cette hypothèse que les accords ne s'étendent pas aux choix technologiques est importante dans l'obtention des troisième et quatrième résultats. Si les accords de collusion peuvent être étendus, il est probable que les firmes essayeront de réduire les investissements en flexibilité afin d'accroître les profits de l'entreprise. Dans cette étude, on recherche dans quelle mesure elles peuvent y parvenir. On montre que la zone des paramètres pour laquelle les deux firmes choisissent la flexibilité est plus faible dans le modèle avec collusion totale que dans le modèle où la collusion est exclue. Jacques (2006) ne prenait pas non plus en compte la politique de la concurrence mise en place par de nombreux Etats pour dissuader la collusion. Seule la nécessité que l'accord soit auto-exécutoire était prise en considération. Dans cette étude (dans la section 7), on introduit la possibilité que les accords de collusion soient détectés et les firmes sanctionnées. L'introduction de cette possibilité permet de rendre endogène le choix entre collusion totale, semi-collusion et absence de collusion. On montre que les firmes choisissent de passer un accord de collusion lorsque les gains dus à l'augmentation des prix au-dessus des prix d'équilibre du modèle de Cournot dominant l'espérance de la sanction pouvant être infligée par les autorités de la concurrence. Le choix d'un accord de semi-collusion ou de collusion totale dépend de la comparaison des risques de détection des deux types d'accords et du montant des investissements dans ces deux situations. La collusion totale permet parfois de réduire les investissements des firmes. Cet accord est choisi lorsque cette réduction des coûts fixes des firmes domine les risques accrus de détection de cet accord. On

montre aussi qu'en règle générale une augmentation du facteur d'actualisation rend plus probable un accord de collusion mais qu'il existe contre-exemples. Enfin, une augmentation du montant des amendes réduit les zones où des accords de collusion sont conclus mais elle peut aussi entraîner une augmentation des investissements des firmes et une réduction du surplus social dans d'autres zones où elle provoque le passage d'un accord de collusion totale à un accord de semi-collusion.

Le modèle est présenté dans la section 2. Les sections 3 à 5 étudient chacune des étendues possibles de l'accord de collusion : absence de collusion, semi-collusion et collusion totale. Une comparaison des résultats obtenus avec ces différents accords est effectuée dans la section 6. Enfin, dans la section 7, on introduit la politique de la concurrence et on rend endogène l'étendue des accords de collusion.

## 2 Modèle

Le modèle est basé sur celui de Röller et Tombak (1990). Le modèle comprend deux firmes et deux biens différenciés, A et B. Le jeu se décompose en deux phases. Lors d'une première phase, les firmes choisissent simultanément leur technologie. La firme 1 a le choix entre une technologie dédiée (D) lui permettant de ne produire que le bien A et une technologie flexible (F) lui permettant de produire les deux biens. La firme 2 a la possibilité d'adopter une technologie dédiée, permettant de produire uniquement le bien B, ou une technologie flexible, autorisant la production des deux biens. Ces choix technologiques sont irréversibles. Toutes les technologies disponibles ont le même coût marginal constant :  $c$ . En revanche, le coût fixe de la technologie flexible,  $I_F$ , est plus élevé que celui d'une technologie dédiée,  $I_D$ , mais inférieur au double de ce dernier :  $2I_D > I_F > I_D > 0$ . Lors de la seconde phase du jeu, les firmes s'engagent dans une concurrence en quantités à la Cournot indéfiniment répétée. A chaque période, les demandes inverses pour les deux biens sont linéaires<sup>3</sup> et égales à :

$$\begin{aligned} p^A(Q^A, Q^B) &= \max \{ \alpha - Q^A - \lambda Q^B, 0 \} \\ p^B(Q^A, Q^B) &= \max \{ \alpha - Q^A - \lambda Q^B, 0 \} \end{aligned}$$

---

<sup>3</sup>Elles peuvent être déduites du comportement d'un consommateur représentatif ayant une fonction d'utilité quadratique.

Le paramètre  $\lambda$  mesure le degré de substituabilité entre les deux biens. Si  $\lambda = 0$ , les deux biens sont indépendants. Si  $\lambda = 1$ , les deux biens sont des substituts parfaits.

Le facteur d'actualisation est égal à  $\delta$ . La première période de production intervient une période après le paiement du coût fixe associé à la technologie choisie.

Comme l'étape de concurrence en quantités est indéfiniment répétée, des équilibres de collusion tacite peuvent émerger. On va s'intéresser à trois jeux différents. Dans le premier (Absence de collusion, section 3), on suppose que les firmes choisissent leur technologie non-coopérativement et qu'elles sont incapables de mettre en place un accord de collusion lors de la phase de concurrence en quantités. Dans le deuxième (Semi-collusion, section 4), les firmes choisissent leur technologie non-coopérativement puis passent un accord de collusion tacite qui couvre la phase de concurrence en quantités. Dans le troisième (Collusion totale, section 5), les firmes peuvent passer des accords de collusion qui stipulent les choix technologiques devant être faits lors de la première phase du jeu et les quantités devant être produites à chaque période lors de la seconde phase du jeu. Les accords de collusion passés dans les deuxième et troisième jeux sont soutenus par des stratégies à la Friedman (1971) : une déviation est sanctionnée par un retour définitif à l'équilibre du jeu non-coopératif. Dans la section 7, on introduira une phase préliminaire, dans laquelle les firmes choisiront l'étendue de leur accord de collusion, ainsi que la possibilité que les autorités de la concurrence détectent un accord de collusion et sanctionnent les firmes.

On sait que, lorsque le facteur d'actualisation est suffisamment élevé, les jeux répétés donnent naissance à une infinité d'équilibres. Il est donc nécessaire d'introduire une règle pour sélectionner l'un de ces équilibres. Lorsque les deux firmes choisissent la même technologie, on sélectionne l'équilibre dans lequel les prix sont égaux aux prix de monopole (s'il est soutenable) et les quantités produites par les firmes égales. Lorsque les deux firmes choisissent des technologies différentes, on sélectionne toujours un équilibre dans lequel les prix sont égaux aux prix de monopole et dans lequel le partage des profits est donné par la solution du jeu coopératif de marchandage proposée par Nash (1950). Si ce partage des profits n'est pas soutenable, on sélectionne l'équilibre de collusion soutenable le plus proche.

### 3 Absence totale de collusion

On commence par étudier le jeu où la collusion est exclue par hypothèse. Les résultats de ce jeu serviront de point de comparaison pour évaluer les effets de la collusion sur les choix technologiques. Ce jeu est très proche de celui étudié par Röller et Tombak (1990). La seule différence est que l'étape de concurrence à la Cournot est répétée indéfiniment.

#### 3.1 Concurrence en quantités

Le tableau suivant donne les quantités, les prix et les profits par période pour chacune des quatre configurations technologiques possibles (les indices désignent les firmes et les exposants indiquent les biens. La première (seconde) lettre de la colonne de gauche indique la technologie de la firme 1 (firme 2)) :

	Quantités	Prix	Profits
D,D	$q_1^A = \frac{\alpha-c}{2+\lambda}$ $q_2^A = 0$ $q_1^B = 0$ $q_2^B = \frac{\alpha-c}{2+\lambda}$	$p^A = c + \frac{\alpha-c}{2+\lambda}$ $p^B = c + \frac{\alpha-c}{2+\lambda}$	$\pi_1^{cn} = \left(\frac{\alpha-c}{2+\lambda}\right)^2$ $\pi_2^{cn} = \left(\frac{\alpha-c}{2+\lambda}\right)^2$
F,F	$q_1^A = \frac{\alpha-c}{3(1+\lambda)}$ $q_2^A = \frac{\alpha-c}{3(1+\lambda)}$ $q_1^B = \frac{\alpha-c}{3(1+\lambda)}$ $q_2^B = \frac{\alpha-c}{3(1+\lambda)}$	$p^A = c + \frac{\alpha-c}{3}$ $p^B = c + \frac{\alpha-c}{3}$	$\pi_1^{cn} = \frac{2(\alpha-c)^2}{9(1+\lambda)}$ $\pi_2^{cn} = \frac{2(\alpha-c)^2}{9(1+\lambda)}$
F,D	$q_1^A = \frac{\alpha-c}{2(1+\lambda)}$ $q_2^A = \frac{(2-\lambda)(\alpha-c)}{6(1+\lambda)}$ $q_1^B = 0$ $q_2^B = \frac{\alpha-c}{3}$	$p^A = c + \frac{(3-\lambda)(\alpha-c)}{6}$ $p^B = c + \frac{\alpha-c}{3}$	$\pi_1^{cn} = \frac{(13-5\lambda)(\alpha-c)^2}{36(1+\lambda)}$ $\pi_2^{cn} = \frac{1}{9}(\alpha-c)^2$
D,F	$q_1^A = \frac{\alpha-c}{3}$ $q_2^A = 0$ $q_1^B = \frac{(2-\lambda)(\alpha-c)}{6(1+\lambda)}$ $q_2^B = \frac{\alpha-c}{2(1+\lambda)}$	$p^A = c + \frac{\alpha-c}{3}$ $p^B = c + \frac{(3-\lambda)(\alpha-c)}{6}$	$\pi_1^{cn} = \frac{1}{9}(\alpha-c)^2$ $\pi_2^{cn} = \frac{(13-5\lambda)(\alpha-c)^2}{36(1+\lambda)}$

#### 3.2 Choix technologiques

En sommant les profits actualisés et en retranchant les coûts fixes, on obtient la matrice de gains suivante :

	F	D
F	$\Pi_1^A(F, F) = \sum_{i=1}^{\infty} \delta^i \frac{2(\alpha-c)^2}{9(1+\lambda)} - I_F$ $\Pi_2^A(F, F) = \sum_{i=1}^{\infty} \delta^i \frac{2(\alpha-c)^2}{9(1+\lambda)} - I_F$	$\Pi_1^A(F, D) = \sum_{i=1}^{\infty} \delta^i \frac{(13-5\lambda)(\alpha-c)^2}{36(1+\lambda)} - I_F$ $\Pi_2^A(F, D) = \sum_{i=1}^{\infty} \delta^i \frac{1}{9} (\alpha - c)^2 - I_D$
D	$\Pi_1^A(D, F) = \sum_{i=1}^{\infty} \delta^i \frac{1}{9} (\alpha - c)^2 - I_D$ $\Pi_2^A(D, F) = \sum_{i=1}^{\infty} \delta^i \frac{(13-5\lambda)(\alpha-c)^2}{36(1+\lambda)} - I_F$	$\Pi_1^A(D, D) = \sum_{i=1}^{\infty} \delta^i \left( \frac{\alpha-c}{2+\lambda} \right)^2 - I_D$ $\Pi_2^A(D, D) = \sum_{i=1}^{\infty} \delta^i \left( \frac{\alpha-c}{2+\lambda} \right)^2 - I_D$

### 3.2.1 Fonctions de meilleure réponse

A partir de cette matrice, on obtient facilement les fonctions de meilleure réponse technologique des firmes.

Le choix de la technologie flexible est la meilleure réponse à une technologie flexible si et seulement si :

$$\Pi_1^A(F, F) \geq \Pi_1^A(D, F) \Leftrightarrow \frac{\delta}{1-\delta} \frac{1-\lambda}{9(1+\lambda)} (\alpha-c)^2 \geq I_F - I_D$$

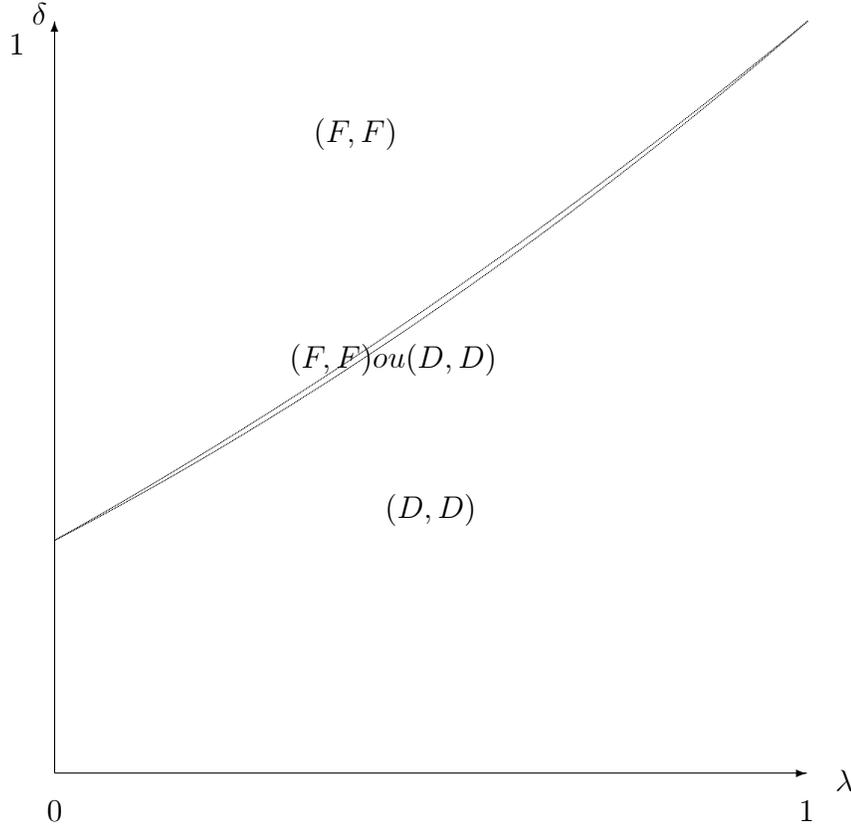
Le choix de la technologie flexible est la meilleure réponse à une technologie dédiée si et seulement si :

$$\Pi_1^A(F, D) \geq \Pi_1^A(D, D) \Leftrightarrow \frac{\delta}{1-\delta} \frac{(1-\lambda)(16+12\lambda+5\lambda^2)}{36(1+\lambda)(2+\lambda)^2} (\alpha-c)^2 \geq I_F - I_D$$

### 3.2.2 Equilibres technologiques

En traçant ces deux fonctions de meilleures réponses, on obtient une représentation graphique des équilibres technologiques du jeu (les valeurs des paramètres sont fixées à  $I_F - I_D = 5$  et  $\alpha - c = 10$ ).

Figure 1 : Equilibres technologiques en l'absence de collusion



Les deux firmes choisissent une technologie flexible, lorsque le degré de différenciation des deux biens et le facteur d'actualisation sont élevés. La technologie flexible a un coût d'achat plus élevé. Elle doit donc présenter un réel intérêt pour que les firmes consentent à l'acquérir. La technologie flexible permet d'élargir la gamme des biens produits. Cette possibilité de produire les deux biens a plus de valeur pour les firmes lorsque le degré de différenciation des deux biens est plus élevé. Une augmentation du facteur d'actualisation conduit les firmes à accorder plus d'importance aux profits futurs par rapport à leur investissement initial. Cette augmentation réduit donc l'impact de la différence de coût initial entre les deux technologies et incite les firmes à choisir une technologie flexible. Les deux firmes choisissent une technologie dédiée dans les cas opposés, c'est-à-dire lorsque le facteur d'actualisation est faible et les biens sont des substituts proches. Dans les cas intermédiaires, on n'obtient pas

une configuration technologique mixte comme on aurait pu s'y attendre<sup>4</sup> mais une zone dans laquelle deux équilibres (F,F) et (D,D) coexistent. Dans cette zone, les choix technologiques des firmes sont des compléments stratégiques. Lorsque l'une des firmes choisit une technologie flexible et produit le bien correspondant à la technologie dédiée de sa concurrente, cette dernière voit ses ventes de ce bien diminuer. L'effet de cannibalisation sur les ventes de ce premier bien, dû à un développement des ventes de l'autre bien, est alors plus faible et la firme a plus d'incitations à acquérir une technologie flexible et à produire l'autre bien. Dans cette zone, les profits des deux firmes sont plus élevés lorsqu'elles utilisent des technologies dédiées que lorsqu'elles adoptent des technologies flexibles. Lorsqu'on comparera les résultats de ce jeu avec ceux des autres jeux, on supposera que les firmes sont capables de se coordonner sur l'équilibre le plus profitable pour elles : (D,D). L'effet des deux paramètres non représentés sur le graphique est assez intuitif. Une augmentation de la taille du marché,  $\alpha - c$ , favorise l'adoption d'une technologie flexible. Une augmentation de la différence de coût entre les deux technologies,  $I_F - I_D$ , décourage l'adoption d'une technologie flexible.

## 4 Semi-collusion

On suppose, dans cette section, que les firmes choisissent leur technologie non-coopérativement avant de passer un accord de collusion stipulant les quantités devant être produites par chacune des firmes.

### 4.1 Seconde phase

On commence par décrire les accords de collusion passés en fonction de la configuration technologique choisie lors de la première phase du jeu.

#### 4.1.1 Configurations technologiques symétriques

On a caractérisé, dans la section précédente, l'équilibre de Cournot du jeu non répété. Le sentier de punition est constitué de la répétition à chaque période de cet équilibre.

---

<sup>4</sup>L'article initial de Röller et Tombak (1990) contient sur ce point une erreur, corrigée par Kim, Röller et Tombak (1992).

Il reste à décrire le sentier de collusion et les déviations optimales possibles.

**Les deux firmes ont des technologies dédiées :** Si les deux firmes ont des technologies dédiées, on a à chaque période :

	Collusion	Déviaton
Quantités	$q_1^A = q_2^B = \frac{\alpha - c}{2(1+\lambda)}$	$q_i^X = \frac{2+\lambda}{4(1+\lambda)} (\alpha - c)$
Prix	$p^A = p^B = c + \frac{1}{2} (\alpha - c)$	$p^X = c + \frac{2+\lambda}{4(1+\lambda)} (\alpha - c)$
Profit	$\pi^c = \frac{1}{4(1+\lambda)} (\alpha - c)^2$	$\pi^d = \frac{(2+\lambda)^2}{16(1+\lambda)^2} (\alpha - c)^2$

On en déduit que la collusion parfaite est soutenable entre deux firmes équipées de technologies dédiées si et seulement si ( $\pi^{cn}$  est le profit des firmes dans l'équilibre non-coopératif du jeu constituant (calculé dans la section précédente)) :

$$\delta \geq \delta(\lambda) = \frac{\pi^d - \pi^c}{\pi^d - \pi^{cn}} = \frac{(2 + \lambda)^2}{\lambda^2 + 8\lambda + 8}$$

Ce seuil limite est une fonction croissante sur l'intervalle  $]0, 1[$ . Il tend vers 0,5 lorsque  $\lambda$  tend vers 0 et il est égal à  $\frac{9}{17}$  lorsque les deux biens sont parfaitement homogènes. La collusion est donc d'autant plus facile à soutenir que les biens sont plus différenciés.

**Les deux firmes ont des technologies flexibles :** Si les deux firmes ont des technologies flexibles, on a :

	Collusion	Déviaton
Quantités <sup>5</sup>	$q_1^A = q_1^B = q_2^A = q_2^B = \frac{\alpha - c}{4(1+\lambda)}$	$q_i^{dA} = q_i^{dB} = \frac{3(\alpha - c)}{8(1+\lambda)}$
Prix	$p^A = p^B = c + \frac{1}{2} (\alpha - c)$	$p^A = p^B = c + \frac{3}{8} (\alpha - c)$
Profit	$\pi^c = \frac{1}{4(1+\lambda)} (\alpha - c)^2$	$\pi^d = \frac{9}{32(1+\lambda)} (\alpha - c)^2$

On en déduit que la collusion parfaite est soutenable entre deux firmes équipées de technologies flexibles si et seulement si :

$$\delta \geq \delta(\lambda) = \frac{\pi^d - \pi^c}{\pi^d - \pi^{cn}} = \frac{9}{17}$$

<sup>5</sup>Une répartition égalitaire de chacun des deux marchés entre les deux firmes minimise les gains d'une déviation.

### 4.1.2 Configuration technologique asymétrique

La caractérisation de l'accord de collusion, lorsque les firmes ont des technologies différentes, est un peu plus complexe. Il existe une infinité d'accords possibles et il faut en sélectionner un. Lorsque les firmes sont symétriques, il semble naturel de sélectionner un équilibre symétrique. Lorsque les firmes sont asymétriques, la règle de sélection d'un équilibre est moins immédiate. On a choisi, dans cette étude, de retenir la solution du jeu de marchandage de Nash (1950). Cette solution est telle que ( $H$  est l'ensemble des répartitions possibles des profits de monopole entre les deux firmes) :

$$\begin{aligned} (\pi_1^c, \pi_2^c) &\in \arg \max_H (\pi_1 - \pi_1^{cn}) (\pi_2 - \pi_2^{cn}) \\ s/c \quad \delta &\geq \frac{\pi_i^d - \pi_i^c}{\pi_i^d - \pi_i^{cn}} \quad i = 1, 2 \end{aligned}$$

Dans un premier temps, on résoud le problème sans prendre en compte les contraintes de non déviation. On cherche, ensuite, l'ensemble des facteurs d'actualisation pour lesquels l'équilibre calculé est un équilibre de Nash parfait.

$$(\pi_1^c, \pi_2^c) \in \arg \max_H (\pi_1 - \pi_1^{cn}) (\pi_2 - \pi_2^{cn}) \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \pi_1^c = \frac{1}{2} (\pi^m + \pi_1^{cn} - \pi_2^{cn}) \\ \pi_2^c = \frac{1}{2} (\pi^m - \pi_1^{cn} + \pi_2^{cn}) \end{array} \right\}$$

Où  $\pi^m$  est le profit d'un monopole. On suppose que c'est la firme 1 qui est équipée d'une technologie flexible. On obtient :

$$\pi_1^c = \frac{3 - \lambda}{8(1 + \lambda)} (\alpha - c)^2 \quad \text{et} \quad \pi_2^c = \frac{1}{8} (\alpha - c)^2$$

De la valeur de ces profits, on déduit les quotas de production alloués à chacune des deux firmes :

$$q_1^A = \frac{\alpha - c}{2(1 + \lambda)} \quad ; \quad q_1^B = \frac{(1 - \lambda)(\alpha - c)}{4(1 + \lambda)} \quad ; \quad q_2^A = 0 \quad ; \quad q_2^B = \frac{1}{4} (\alpha - c)$$

En introduisant ces quotas dans les fonctions de meilleure réponse des firmes, on peut calculer la déviation optimale pour chacune des deux firmes.

	Quantités	Prix d'équilibre	Profit de déviation
Firme 1	$q_1^{dA} = \frac{\alpha-c}{2(1+\lambda)}$ $q_1^{dB} = \frac{(3-\lambda)(\alpha-c)}{8(1+\lambda)}$	$p^{dA} = c + \frac{(4-\lambda)(\alpha-c)}{8}$ $p^B = c + \frac{3}{8}(\alpha-c)$	$\pi_1^d = \frac{25-7\lambda}{64(1+\lambda)}(\alpha-c)^2$
Firme 2	$q_2^{dB} = \frac{3}{8}(\alpha-c)$	$p^B = c + \frac{3}{8}(\alpha-c)$	$\pi_2^d = \frac{9}{64}(\alpha-c)^2$

On calcule, maintenant, l'ensemble des facteurs d'actualisation pour lesquels l'accord de collusion décrit ci-dessus est soutenable.

Ne pas dévier est une stratégie d'équilibre pour la firme 1 (équipée de la technologie flexible) si et seulement si :

$$\delta \geq \frac{\pi_1^d - \pi_1^c}{\pi_1^d - \pi_1^{cn}} = \frac{9}{17}$$

Pour la firme 2 (équipée d'une technologie dédiée) ne pas dévier est une stratégie d'équilibre si et seulement si :

$$\delta \geq \frac{\pi_2^d - \pi_2^c}{\pi_2^d - \pi_2^{cn}} = \frac{9}{17}$$

Lorsque le facteur d'actualisation est supérieur à  $\frac{9}{17}$ , les deux contraintes d'incitation à ne pas tricher sont vérifiées. L'accord de collusion décrit ci-dessus est donc un équilibre de Nash parfait. Lorsque le facteur d'actualisation est égal à  $\frac{9}{17}$ , les deux contraintes sont saturées. On ne peut donc pas soutenir un accord de collusion parfaite en dessous de ce facteur d'actualisation. Pour des facteurs d'actualisation plus faibles, les firmes doivent se contenter d'un accord de collusion partielle en fixant des quantités comprises entre les quantités de monopole et celles de l'équilibre de Cournot. Dans cette étude, on ne caractérise pas ces équilibres et on va se restreindre au cas  $\delta \geq 9/17$ .

## 4.2 Choix technologiques

On dispose, maintenant, de tous les éléments nécessaires pour construire la matrice des gains des firmes en fonction de leur choix de première période. On suppose  $\delta \geq \frac{9}{17}$ , on a alors la matrice des gains suivante :

	F	D
F	$\Pi_1^S(F, F) = \sum_{i=1}^{\infty} \delta^i \frac{(\alpha-c)^2}{4(1+\lambda)} - I_F$ $\Pi_2^S(F, F) = \sum_{i=1}^{\infty} \delta^i \frac{(\alpha-c)^2}{4(1+\lambda)} - I_F$	$\Pi_1^S(F, D) = \sum_{i=1}^{\infty} \delta^i \frac{(3-\lambda)(\alpha-c)^2}{8(1+\lambda)} - I_F$ $\Pi_2^S(F, D) = \sum_{i=1}^{\infty} \delta^i \frac{1}{8} (\alpha-c)^2 - I_D$
D	$\Pi_1^S(D, F) = \sum_{i=1}^{\infty} \delta^i \frac{1}{8} (\alpha-c)^2 - I_D$ $\Pi_2^S(D, F) = \sum_{i=1}^{\infty} \delta^i \frac{(3-\lambda)(\alpha-c)^2}{8(1+\lambda)} - I_F$	$\Pi_1^S(D, D) = \sum_{i=1}^{\infty} \delta^i \frac{(\alpha-c)^2}{4(1+\lambda)} - I_D$ $\Pi_2^S(D, D) = \sum_{i=1}^{\infty} \delta^i \frac{(\alpha-c)^2}{4(1+\lambda)} - I_D$

### 4.2.1 Fonctions de meilleure réponse

On déduit de la matrice des gains les fonctions de meilleure réponse des firmes à la technologie choisie par leur concurrente.

La technologie flexible est la meilleure réponse à la technologie flexible si et seulement si :

$$\Pi_1^S(F, F) \geq \Pi_1^S(D, F) \Leftrightarrow \frac{\delta}{1-\delta} \frac{1-\lambda}{8(1+\lambda)} (\alpha-c)^2 \geq I_F - I_D$$

La technologie flexible est la meilleure réponse à une technologie dédiée si et seulement si :

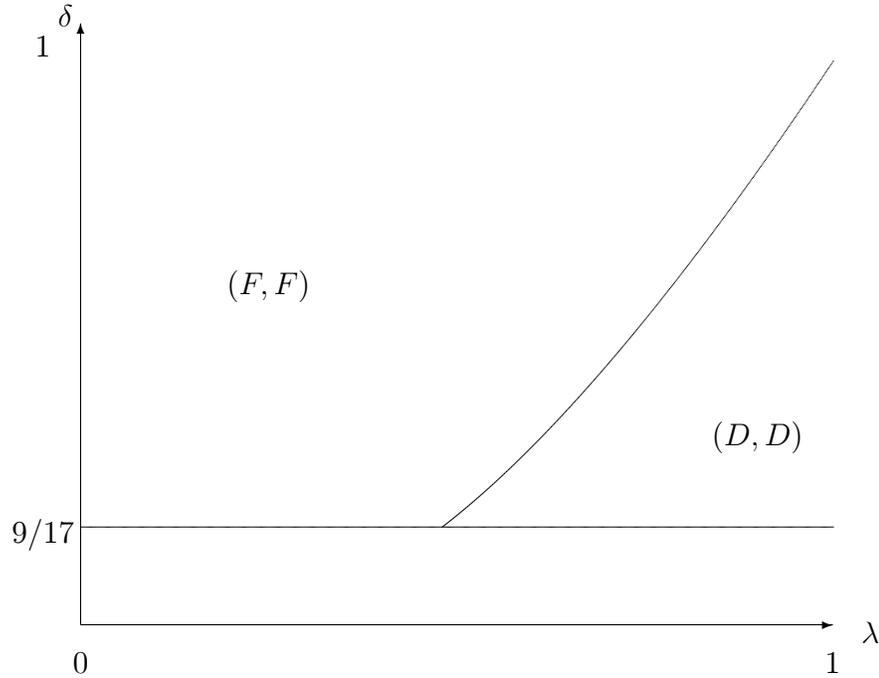
$$\Pi_1^S(F, D) \geq \Pi_1^S(D, D) \Leftrightarrow \frac{\delta}{1-\delta} \frac{1-\lambda}{8(1+\lambda)} (\alpha-c)^2 \geq I_F - I_D$$

Ces deux conditions sont identiques. Acquérir une technologie flexible lorsque l'autre firme dispose d'une technologie dédiée permet à une firme, en payant  $I_F - I_D$ , d'obtenir une part plus importante des profits. L'autre firme est alors prête à payer  $I_F - I_D$  pour revenir à la répartition égalitaire des profits. Dans le jeu de semi-collusion, les choix technologiques influencent uniquement la répartition des gains entre les deux firmes.

### 4.2.2 Équilibres technologiques

En traçant la fonction correspondant aux deux fonctions de meilleure réponse technologique des firmes, on obtient une représentation graphique des équilibres technologiques de ce jeu (les valeurs des paramètres sont fixées à  $I_F - I_D = 5$  et  $\alpha - c = 10$ ).

Figure 2 : Equilibres technologiques avec semi-collusion



Les deux firmes choisissent la technologie flexible lorsque  $\lambda$  est faible et  $\delta$  est élevé. Elles choisissent une technologie dédiée dans le cas opposé. La configuration technologique mixte n'est pas un équilibre technologique de ce jeu. La zone où deux équilibres coexistaient dans le jeu sans collusion disparaît dans le jeu avec semi-collusion. La comparaison de ces résultats avec ceux de la section précédente sera effectuée dans la section 6.

## 5 Collusion totale

Dans cette section, on étudie le cas où les firmes peuvent étendre l'accord de collusion aux choix technologiques de la première phase. Les firmes vont essayer de tirer profit de cette extension des accords de collusion pour tenter de limiter les investissements en flexibilité lors de la première phase du jeu.

## 5.1 Accords de collusion possibles

On commence par rechercher les zones où chacune des configurations technologiques possibles peut être obtenue dans un accord de collusion soutenable.

### 5.1.1 Les deux firmes ont des technologies dédiées

Les profits totaux de l'industrie sont maximaux lorsque les investissements de la première phase sont minimaux. L'accord de collusion totale qui maximise les profits joints des firmes est donc de la forme suivante (on note  $\gamma_i$  le choix technologique de la firme  $i$ ) :

$$\gamma_1 = \gamma_2 = D ; q_1^A = q_2^B = \frac{\alpha - c}{2(1 + \lambda)} ; q_2^A = q_1^B = 0$$

Les profits pour chacune des firmes générés par cet accord sont égaux à :

$$\Pi_1^T(D, D) = \Pi_2^T(D, D) = \sum_{i=1}^{\infty} \delta^i \frac{1}{4(1 + \lambda)} (\alpha - c)^2 - I_D$$

En l'absence de possibilité de transferts monétaires, ce contrat maximise les profits joints des firmes<sup>6</sup>. En effet, la somme des profits des firmes est égale au profit d'un monopole pouvant intervenir sur les deux marchés et les coûts fixes sont minimisés. Cet accord est donc celui qui est sélectionné par les firmes lorsqu'il est implémentable. Cet accord doit être robuste à deux types de déviation. Une firme peut dévier de la politique de production stipulée par l'accord (ce type de déviation est identique à celui étudié dans la section précédente), mais elle a aussi la possibilité de dévier lors de la phase de choix technologique en choisissant la technologie flexible.

Le contrat est robuste au premier type de déviation si et seulement si :

$$\delta \geq \frac{(2 + \lambda)^2}{\lambda^2 + 8\lambda + 8}$$

---

<sup>6</sup>Si des transferts monétaires étaient possibles, une seule des firmes entrerait sur le marché avec une technologie flexible et elle verserait une compensation monétaire à l'autre firme contre la promesse de ne pas entrer. Les recettes seraient identiques et les coûts fixes plus faibles.

Il est robuste au second type de déviation si et seulement si :

$$\Pi_1^T(D, D) \geq \Pi_1^A(F, D) \Leftrightarrow \frac{\delta}{1-\delta} \frac{4-5\lambda}{36(1+\lambda)} (\alpha - c)^2 \leq I_F - I_D$$

Cet accord apparaît pour une zone des paramètres du modèle plus large que lorsque les accords sont des accords de semi-collusion. Il n'est, cependant, pas toujours implémentable, même lorsque le taux d'actualisation est proche de 1. En effet, lorsque les produits sont très différenciés, l'une des firmes peut avoir intérêt à dévier de l'accord en choisissant une technologie flexible et en se comportant de manière non coopérative.

### 5.1.2 Les deux firmes ont des technologies flexibles

L'accord de collusion est alors de la forme suivante :

$$\gamma_1 = \gamma_2 = F ; q_1^A = q_1^B = q_2^A = q_2^B = \frac{\alpha - c}{4(1+\lambda)}$$

Les profits pour chacune des firmes générés par cet accord sont égaux à :

$$\Pi_1^T(F, F) = \Pi_2^T(F, F) = \sum_{i=1}^{\infty} \delta^i \frac{1}{4(1+\lambda)} (\alpha - c)^2 - I_F$$

L'accord doit être robuste à une déviation de la politique de production prévue aussi bien que des technologies stipulées.

Il est robuste au premier type de déviation si et seulement si :  $\delta \geq \frac{9}{17}$ .

Il est robuste au second type de déviation si et seulement si :

$$\Pi_1^T(F, F) \geq \Pi_1^A(D, F) \Leftrightarrow \frac{\delta}{1-\delta} \frac{5-4\lambda}{36(1+\lambda)} (\alpha - c)^2 \geq I_F - I_D$$

Cette seconde condition est vérifiée dans toute la zone des paramètres où la première condition est vérifiée et la seconde condition d'implémentation de l'accord collusoire dans lequel les deux firmes choisissent une technologie D est violée. Ce second contrat a, cependant, le défaut de maximiser les coûts fixes. Les firmes pourraient avoir intérêt à utiliser une configuration technologique mixte, lorsque le premier contrat n'est pas implémentable, ce qui limiterait les investissements technologiques.

### 5.1.3 Configuration technologique mixte

On étudie, maintenant, si un accord stipulant des technologies différentes est implémentable. Sélectionner un équilibre de collusion unique dans une industrie où les firmes sont asymétriques nécessite le choix d'une règle de partage des profits. Dans la continuité de la section précédente, on suppose que les firmes choisissent de fixer les prix de monopole sur les deux marchés et de se partager les profits selon la règle axiomatique de marchandage proposée par Nash (1950). Cependant, si la même règle est retenue pour ces deux sections, l'accord issu du processus de négociation est différent. En effet, dans la section précédente, les deux firmes étaient asymétriques lorsque la négociation débutait. L'allocation des gains était donc, elle aussi, asymétrique. Mais, sous l'hypothèse faite dans cette section, les firmes ne sont asymétriques qu'à l'issue du processus de négociation. Au moment de la négociation, elles sont encore symétriques. L'allocation des gains doit donc, dans la mesure du possible, être symétrique.

**Accord collusoire non contraint :** Le contrat collusoire doit remplir les deux conditions suivantes, lorsque les contraintes d'implémentation ne sont pas saturées (sans perte de généralité, on pose que l'entreprise flexible est la firme 1) :

$$\Pi_1^T(F, D) = \Pi_2^T(F, D) \Leftrightarrow \sum_{i=1}^{\infty} \delta^i \pi_1^c - I_F = \sum_{i=1}^{\infty} \delta^i \pi_2^c - I_D \Leftrightarrow \frac{\delta}{1-\delta} (\pi_1^c - \pi_2^c) = I_F - I_D$$

et

$$\pi_1^c + \pi_2^c = \frac{1}{2(1+\lambda)} (\alpha - c)^2$$

De ces deux conditions, on déduit :

$$\pi_1^c = \frac{(\alpha - c)^2}{4(1+\lambda)} + \frac{1-\delta}{2\delta} (I_F - I_D) \quad \text{et} \quad \pi_2^c = \frac{(\alpha - c)^2}{4(1+\lambda)} - \frac{1-\delta}{2\delta} (I_F - I_D)$$

Ces profits sont engendrés par l'accord suivant :

$$\begin{aligned} \gamma_1 &= F & \gamma_2 &= D & q_1^A &= \frac{\alpha - c}{2(1+\lambda)} & q_1^B &= \frac{1-\delta}{\delta} \frac{I_F - I_D}{\alpha - c} \\ q_2^A &= 0 & q_2^B &= \frac{\alpha - c}{2(1+\lambda)} - \frac{1-\delta}{\delta} \frac{I_F - I_D}{\alpha - c} \end{aligned}$$

**Cet accord n'est implémentable que dans la zone où l'accord (D,D) l'est aussi :** Cependant, si cet accord est implémentable alors l'accord (D,D) l'est aussi. En effet, si la firme flexible dénonce l'accord après que les choix technologiques ont été effectués, son gain à chaque période est égal à :

$$\frac{13 - 5\lambda}{36(1 + \lambda)} (\alpha - c)^2$$

Pour que l'accord soit implémentable, il est nécessaire que ce gain soit inférieur au profit de collusion de la firme flexible :

$$\frac{(\alpha - c)^2}{4(1 + \lambda)} + \frac{1 - \delta}{2\delta} (I_F - I_D) \geq \frac{(13 - 5\lambda)(\alpha - c)^2}{36(1 + \lambda)} \Leftrightarrow \frac{I_F - I_D}{2} \geq \frac{\delta}{1 - \delta} \frac{(4 - 5\lambda)(\alpha - c)^2}{36(1 + \lambda)}$$

Mais, si cette condition nécessaire est vérifiée, alors la seconde condition de l'accord collusoire (D,D) est elle aussi vérifiée. L'accord collusoire mixte non contraint n'est donc pas implémentable si l'accord (D,D) n'est pas implémentable. Il n'est donc implémentable que dans une zone où un accord générant des profits supérieurs pour l'industrie l'est aussi.

**Accord contraint :** En dehors de cette zone, pour qu'un accord collusoire mixte soit soutenable, il faut augmenter la part des profits destinée à la firme flexible afin de saturer son incitation à ne pas dévier de la politique de production prévue. L'accord contraint est tel que (voir annexe) :

$$\begin{aligned} \pi_1^c &= \left\{ \frac{1}{4(1 + \lambda)} + \frac{1 + \delta + 2\delta\lambda}{4(1 - \delta)(1 + \lambda)} - \frac{1}{6} \frac{1}{1 - \delta} \sqrt{\delta(5 + 4\delta)} \right\} (\alpha - c)^2 \\ \pi_2^c &= \left\{ \frac{1}{4(1 + \lambda)} - \frac{1 + \delta + 2\delta\lambda}{4(1 - \delta)(1 + \lambda)} + \frac{1}{6} \frac{1}{1 - \delta} \sqrt{\delta(5 + 4\delta)} \right\} (\alpha - c)^2 \end{aligned}$$

Cet accord pour être implémentable doit vérifier quatre conditions : les firmes doivent être dissuadées de dévier de la politique de production prévue et elles doivent aussi respecter les choix technologiques imposés par l'accord.

Par construction, la firme flexible n'a pas intérêt à dévier de l'accord lors de la phase de production. La firme dédiée est aussi incitée à respecter les quotas de production stipulés par l'accord si  $\delta \geq \frac{9}{17}$ . En effet, dans cette zone, cette firme

respectait l'accord de semi-collusion décrit dans la section précédente or cet accord était moins favorable que l'accord présent.

La firme flexible n'a pas intérêt à changer de technologie. Ce changement lui permet de réduire ses coûts fixes mais il entraîne une diminution de ses profits qui est supérieure aux économies réalisées. En effet, pour qu'un changement de technologie ne soit pas rentable, on doit avoir  $\Pi_1^T(F, D) \geq \Pi^A(D, D)$ . Or cette condition est nécessairement vérifiée si l'accord (D,D) n'est pas implémentable. Car, si (D,D) n'est pas implémentable, on a alors  $\Pi^A(F, D) > \Pi^T(D, D)$ . Or  $\Pi_1^T(F, D) \geq \Pi^A(F, D)$  et  $\Pi^T(D, D) \geq \Pi^A(D, D)$ . On a donc nécessairement :  $\Pi_1^T(F, D) \geq \Pi^A(D, D)$  Q.E.D.

L'accord est donc implémentable si et seulement si la firme 2 n'a pas intérêt à violer l'accord en choisissant une technologie flexible. C'est à dire si et seulement si :

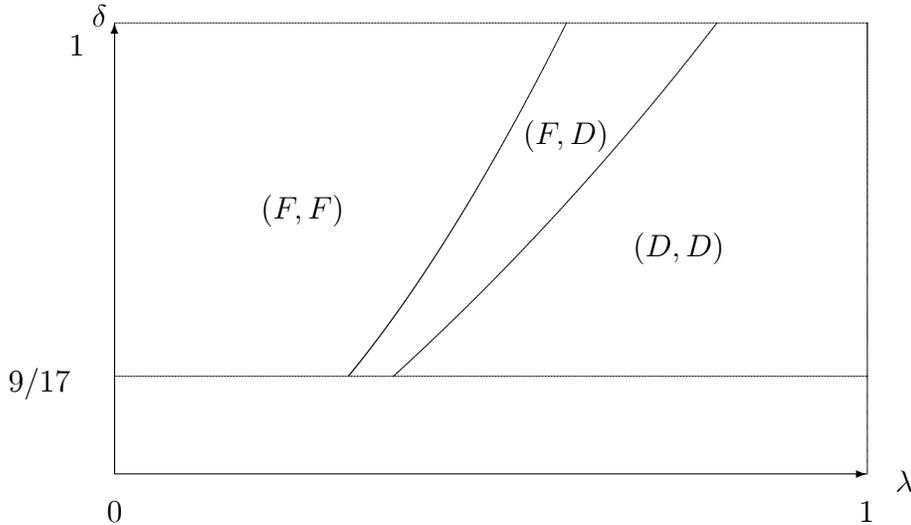
$$\Pi_2^T(F, D) \geq \Pi^A(F, F) \Leftrightarrow I_F - I_D \geq \frac{\delta(\alpha - c)^2}{6(1 - \delta)^2} \left\{ \frac{4 + 5\delta + 9\delta\lambda}{3(1 + \lambda)} - \sqrt{\delta(5 + 4\delta)} \right\}$$

## 5.2 Choix technologiques

La configuration technologique choisie par les firmes est celle qui procure les profits les plus importants. La configuration (D,D) avec collusion est donc choisie pour toutes les valeurs des paramètres du modèle pour lesquelles elle est implémentable. La configuration technologique (F,F) avec collusion est retenue par les firmes pour toutes les valeurs des paramètres du modèle pour lesquelles seul cet accord collusoire est implémentable. En effet, dans cette zone, si les firmes renoncent à faire de la collusion, l'équilibre non coopératif qui émerge est une configuration (F,F). Les firmes ne peuvent donc pas augmenter leur profit en s'engageant à ne pas faire de collusion comme cela pouvait arriver avec des accords de semi-collusion. Il existe une zone où les firmes doivent choisir entre deux accords collusoires implémentables, l'un avec une configuration technologique mixte et l'autre avec une configuration technologique totalement flexible. Avec le premier accord, la somme des profits des deux firmes est plus importante qu'avec le second ; cependant, ces profits sont répartis de manière inégalitaire. Si les firmes sont neutres au risque, on peut raisonnablement penser que c'est le premier accord qui sera retenu et que la distribution des rôles entre les firmes sera effectuée par un procédé aléatoire.

En représentant graphiquement les conditions obtenues précédemment, on obtient les équilibres technologiques suivants (les valeurs des paramètres sont fixées à  $I_F - I_D = 5$  et  $\alpha - c = 10$ ).

Figure 3 : Equilibres technologiques avec collusion totale



Les deux firmes choisissent des technologies dédiées et implémentent l'accord qui maximise les profits joints de l'industrie lorsque les deux biens sont des substituts proches. Cette zone est plus large, lorsque le facteur d'actualisation est faible. Lorsque les biens sont très différenciés, cet accord n'est plus implémentable. En effet, si l'une des firmes dévie de cet accord et choisit une technologie flexible lors de la première phase du jeu, elle n'a pas à craindre de fortes rétorsions de l'autre firme. Car, l'autre firme a une technologie dédiée et les biens sont très différenciés. Cette dernière firme ne peut donc pas provoquer une baisse du prix de l'autre bien importante. Dans cette zone, une firme dédiée n'a pas de pouvoir de rétorsion important en cas de déviation lors de la première phase du jeu. Le seul accord de collusion implémentable est donc celui dans lequel les deux firmes ont des technologies flexibles. Lorsque le degré de différenciation des biens est intermédiaire, il apparaît une zone où les firmes choisissent des technologies différentes à l'équilibre. Cette zone n'apparaissait pas dans les autres jeux (absence de collusion et semi-collusion). Dans cette zone, l'accord (D,D) n'est pas implémentable car une firme dédiée ne peut pas dissuader sa concurrente de choisir une technologie flexible plutôt qu'une technologie dédiée. En revanche, une

firme flexible possède suffisamment de pouvoir de rétorsion pour dissuader une firme dédiée de choisir une technologie flexible. Une configuration technologique mixte est donc possible.

### 5.3 Délais de détection et de réaction

Traditionnellement, la collusion tacite est plus facile à soutenir lorsque les délais de détection d'une déviation par l'une des firmes de l'accord collusoire sont courts et la réaction des autres firmes est rapide. Les firmes essaient donc d'organiser une transmission d'informations portant sur les prix et les parts de marché rapide et transparente, notamment via la création d'organisations professionnelles. Dans ce modèle, les firmes peuvent tirer profit d'une diffusion d'information plus lente si le facteur d'actualisation est suffisamment élevé. En effet, si une divulgation de l'information plus lente encourage les déviations lors de la phase de production en retardant la mise en oeuvre de mesures de rétorsion, elle peut aussi décourager les velléités de déviation lors du choix technologique. Lors du choix technologique, la tentation des firmes est de choisir une technologie flexible alors que l'accord stipule qu'elles doivent choisir une technologie dédiée, afin de capter une plus grande partie des profits en augmentant leur part de marché. Si l'accord initial était (D,D) et que l'une des firmes a dévié en choisissant une technologie flexible, les firmes quittent le sentier de collusion et jouent l'équilibre de Nash du jeu constituant. Or, si les biens sont suffisamment différenciés, la production de la firme dédiée est plus faible sur le sentier de punition (où elle sait que l'autre firme est flexible) que sur le sentier de collusion (où elle pense que l'autre firme a une technologie dédiée). Les profits de la firme flexible sont donc plus importants si la firme dédiée détecte rapidement le changement de technologie de sa concurrente et ajuste rapidement sa production à la nouvelle configuration technologique. En s'engageant à n'observer qu'après un certain délai, les actions de l'autre firme, les firmes peuvent diminuer les incitations à dévier de leur concurrente lors de la phase de choix technologique et rendre ainsi implémentable des accords (D,D) ou (F,D) qui ne le seraient pas avec une information parfaite et immédiate. Cet effet de l'information dû à la valeur stratégique de la flexibilité est analogue à ceux étudiés dans un cadre statique par Boyer, Jacques et Moreaux (1998). La contrepartie de cet effet bénéfique du délai de diffusion de l'information, est qu'il

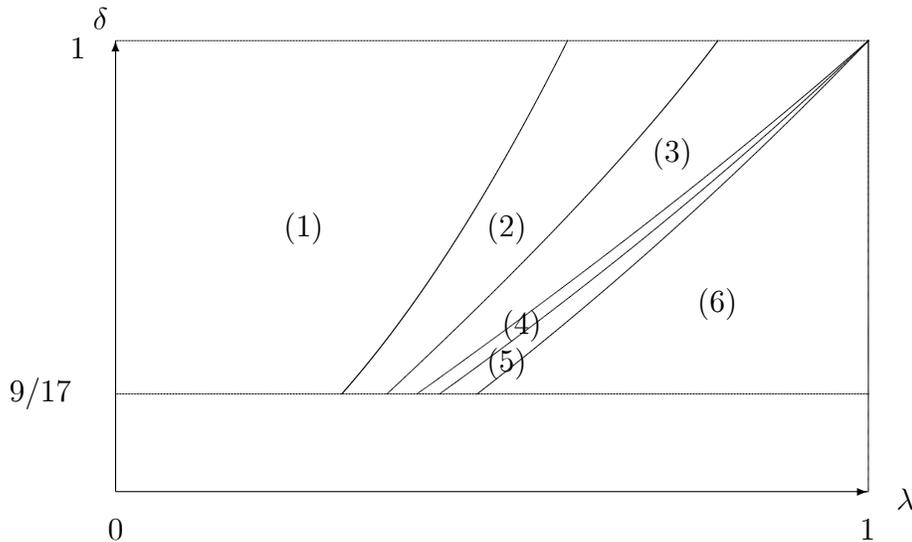
renforce la tentation de tricher lors de la phase de production. Il est donc nécessaire que le facteur d'actualisation soit suffisamment élevé pour que les firmes aient intérêt à diminuer la transparence de l'information.

## 6 Comparaison

### 6.1 Configurations technologiques

En reportant sur un même graphique les zones obtenues dans les trois sections précédentes, on peut observer l'impact de l'étendue des accords de collusion sur les choix technologiques d'équilibre.

Figure 4 : Comparaison



Il apparaît six zones. Dans la zone 1, l'équilibre technologique est (F,F) dans les trois situations. Dans la zone 2, l'équilibre est (F,D) dans la collusion totale et (F,F) dans les deux autres cas. Dans la zone 3, l'équilibre est (D,D) dans la collusion totale et (F,F) dans les deux autres cas. Dans la zone 4, l'équilibre est (D,D) dans la collusion totale, (D,D) ou (F,F) en l'absence de collusion et (F,F) dans la semi-collusion. Dans la zone 5, l'équilibre est (F,F) dans la semi-collusion et (D,D) dans les deux autres cas. Dans la zone 6, l'équilibre est (D,D) dans les trois situations.

La comparaison des équilibres technologiques fait clairement apparaître que la semi-collusion encourage l'adoption de technologies flexibles tandis que la collusion totale réduit, au contraire, les investissements des firmes dans la technologie flexible.

Dans le jeu de semi-collusion, l'adoption de la technologie flexible permet aux firmes d'augmenter leur pouvoir de négociation lors du partage des profits de la collusion en quantités. Comme la collusion en quantités augmente les profits, les incitations des firmes à investir dans la technologie flexible pour augmenter leur part de marché sont plus fortes que dans le jeu sans collusion. Cet effet explique pourquoi la zone où l'équilibre technologique est (F,F) est plus large dans le jeu de semi-collusion que dans le jeu sans collusion.

Le jeu sans collusion a une structure de dilemme de prisonnier dans les zones 1, 2 et 3. Les profits des deux firmes sont plus élevés dans la configuration (D,D) que dans la configuration (F,F), mais le choix de la technologie flexible est une stratégie dominante pour les deux firmes. Dans le jeu de collusion totale, les firmes peuvent étendre l'accord de collusion aux choix technologiques. Elles peuvent donc introduire un système de récompense et punition pour essayer d'influencer leurs choix technologiques respectifs. Récompenser le choix d'une technologie dédiée par un accord de collusion sur les quantités et punir le choix d'une technologie flexible par une concurrence en quantités permet aux firmes de sortir de la structure de dilemme du prisonnier dans la zone 3 et d'implémenter une configuration technologique (D,D). Dans la zone 2, l'extension des accords de collusion aux choix technologiques ne permet que partiellement de sortir du dilemme du prisonnier et seulement de réduire les investissements de l'une des firmes. Dans la zone 1, la possibilité d'étendre les accords de collusion aux choix technologiques ne modifie pas la structure du jeu. Dans cette zone, les possibilités de rétorsion d'une firme dotée d'une technologie dédiée sont trop faibles pour dissuader la firme concurrente d'adopter une technologie flexible et la seule configuration technologique implémentable est (F,F). La collusion totale, à l'opposé de la semi-collusion, permet d'élargir la zone où (D,D) est la configuration technologique d'équilibre par rapport au jeu sans collusion.

Enfin, on peut noter que la collusion totale est le seul jeu où une configuration (F,D) peut apparaître à l'équilibre.

## 6.2 Profits

Dans les zones 1 et 6, les configurations technologiques sont les mêmes dans les trois situations. Les profits de la collusion totale et de la semi-collusion sont identiques et supérieurs à ceux obtenus en l'absence de collusion. Dans les zones 2 et 3, la collusion totale permet une réduction des coûts fixes. Les profits de l'industrie sont donc plus élevés avec la collusion totale et plus faibles en l'absence de collusion. Dans les zones 4 et 5, la collusion totale et l'absence de collusion conduisent à une configuration technologique<sup>7</sup> (D,D) tandis que la semi-collusion conduit à une configuration technologique (F,F). Les profits sont plus élevés dans le cas de la collusion totale. En revanche, la comparaison des profits de semi-collusion et en l'absence de collusion est ambiguë. La semi-collusion permet des prix plus élevés mais elle génère aussi de coûts fixes plus élevés. La semi-collusion génère des profits plus faibles que ceux obtenus en l'absence de collusion si et seulement si :

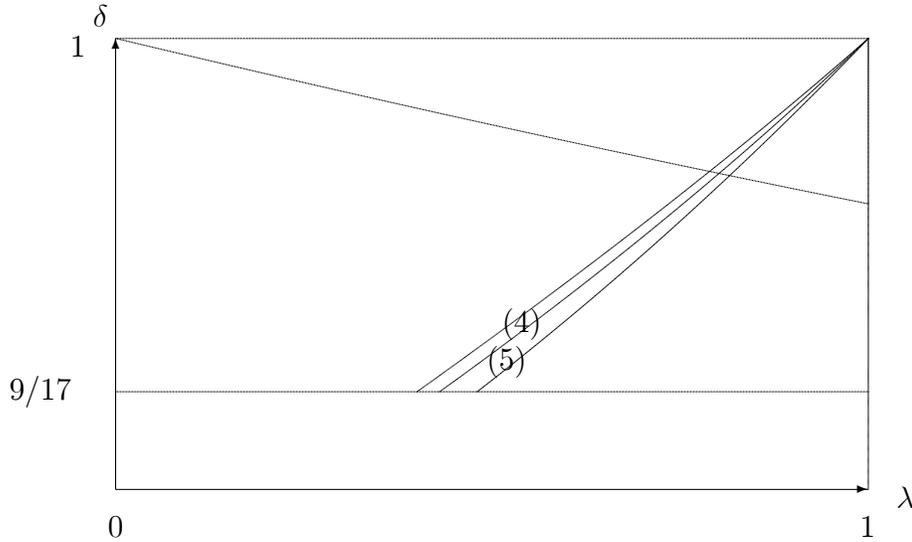
$$\Pi_1^A(D, D) \geq \Pi_1^S(F, F) \Leftrightarrow I_F - I_D \geq \frac{\delta}{1 - \delta} \frac{\lambda^2 (\alpha - c)^2}{4(1 + \lambda)(2 + \lambda)^2}$$

En représentant cette condition et les frontières de zones 4 et 5 sur un graphique, on fait apparaître une zone (située au-dessous de la nouvelle condition) où les profits des firmes sont plus élevés en l'absence de collusion que dans le cas de la semi-collusion.

---

<sup>7</sup>On suppose qu'en l'absence de collusion les firmes sont capables de se coordonner sur l'équilibre (D,D) dans la zone 4.

Figure 5 : Semi-collusion désavantageuse



Le résultat que les profits des firmes peuvent être inférieurs dans un modèle de semi-collusion à ceux obtenus en l'absence de collusion n'est pas propre à ce modèle. Il a aussi été obtenu par Fershtman et Gandal (1994) dans un modèle où les firmes choisissent des capacités ou des dépenses publicitaires non coopérativement avant de s'entendre sur les prix, par Brod et Shivakumar (1999) dans un modèle où les firmes choisissent des efforts de R&D avant de s'entendre sur les quantités, et par Jacques (2006) dans un modèle similaire à celui analysé dans cette étude mais dans lequel les firmes se livrent une concurrence en prix.

## 7 Etendue endogène des accords de collusion

On a, dans les sections précédentes, caractérisé et comparé les équilibres obtenus dans trois jeux différents. L'étape suivante consiste à rechercher quel jeu correspond à quelles caractéristiques des industries. On va donc chercher à rendre endogène l'étendue des accords de collusion. Le profit obtenu avec la collusion totale est toujours supérieur ou égal aux profits obtenus dans les deux autres cas. Donc, en l'absence d'obstacles, notamment d'obstacles informationnels et législatifs, les firmes préfèrent les accords de collusion totale. Pour rendre le problème intéressant, on doit donc introduire un nouvel élément, qui limite l'attrait de la collusion totale. Ce nouvel

élément sera la politique de la concurrence. On va introduire la possibilité que les autorités de la concurrence détectent les accords de semi-collusion et de collusion totale et les sanctionnent.

## 7.1 Nouvelles hypothèses

On suppose que, pour mettre en place un accord de collusion, les managers des firmes doivent se rencontrer pour définir les modalités de la collusion, le partage des profits et les punitions à appliquer en cas de violation de l'accord. En revanche, une fois les modalités de l'accord définies, les managers n'ont plus besoin de se rencontrer. Dans ce modèle, il n'y a pas d'entrée de nouveaux concurrents, pas de fluctuations de la demande, pas d'innovations technologiques, ni aucune autre forme d'incertitude. Donc, la totalité des modalités de l'accord peut être stipulée dans l'accord initial. Ensuite, chacun sait ce qu'il a à faire et des rencontres ultérieures sont inutiles. Des rencontres ultérieures ne peuvent qu'accroître la probabilité que la collusion soit détectée et affaiblir la crédibilité de la punition en rendant des renégociations possibles. On suppose qu'au tout début du jeu, les managers décident de se rencontrer avant d'effectuer leurs choix technologiques pour passer un accord de collusion totale, de se rencontrer après avoir effectué leurs choix technologiques mais avant la première période de production pour passer un accord de collusion tacite ou de s'engager à ne pas se rencontrer et à ne pas passer d'accord de collusion. Ce choix de l'étendue de l'accord de collusion est irréversible.

Les autorités de la concurrence sont capables de détecter la tenue d'une réunion en vue de passer un accord de collusion et d'obtenir des preuves avec une certaine probabilité. Un accord de collusion totale est détecté et prouvé avec une probabilité  $\rho_1$  et un accord de semi-collusion est détecté et prouvé avec une probabilité  $\rho_2$ . Ces probabilités pourraient dépendre de la configuration technologique choisie. Un accord de collusion totale prévoyant une configuration technologique asymétrique pourrait être plus long à négocier et demander plus de documents pour être conservé et mis en application. Les autorités de la concurrence pourraient être beaucoup plus vigilantes après avoir observé certaines configurations technologiques. Une configuration technologique asymétrique semble indiquer qu'un accord de collusion totale a été passé. Une configuration (F,F) et une substituabilité forte entre les deux biens

laissent soupçonner l'existence d'un accord de semi-collusion. Il n'est, cependant, pas facile de modéliser cette dépendance entre la configuration technologique et la probabilité d'être détecté de façon simple et convaincante. On choisit donc de supposer que ces probabilités sont indépendantes de la configuration technologique choisie.

La seconde dimension de la politique de la concurrence est le niveau de la sanction. On suppose que, si un accord de collusion totale est prouvé, chacune des firmes se voit infliger une amende dont le montant, actualisé à la date du choix technologique<sup>8</sup>, est égal à  $F_1$ . En cas d'accord de semi-collusion, l'amende actualisée à la date du choix technologique est égale à  $F_2$ . Pour conserver au modèle le maximum de simplicité, on ne fait pas dépendre l'amende de la configuration technologique. On suppose aussi que l'amende est indépendante du montant des dommages infligés au consommateur et donc elle ne modifie pas les prix le long du sentier de collusion<sup>9</sup>. On suppose, enfin, que la détection et la sanction d'un accord de collusion ne met pas fin la collusion. En effet, les managers peuvent prévoir dans l'accord de collusion initial de reprendre la collusion selon les mêmes modalités après une sanction. Ils ne peuvent pas être sanctionnés de nouveau car la reprise de la collusion se fait sans contact entre les firmes et donc ne génère pas de preuves matérielles<sup>10</sup>.

## 7.2 Choix de l'étendue de l'accord de collusion

On commence par étudier le choix entre les deux modes de collusion. On étudiera, ensuite, le choix entre la collusion et la concurrence.

---

<sup>8</sup>On ne précise pas le timing exact de la détection des accords et du paiement de la sanction, mais on suppose que les sanctions sont infligées très rapidement de façon à ce que  $F_1$  et  $F_2$  ne dépendent pas de  $\delta$ .

<sup>9</sup>Voir Souam (2001) pour un modèle où l'amende dépend des prix sur le sentier de collusion.

<sup>10</sup>L'hypothèse que la collusion reprend après une sanction n'est pas rare dans la littérature sur les effets de la politique de la concurrence. Voir, par exemple, Rey (2003) et Aubert, Rey et Kovacic (2006). En pratique, la détection de la collusion n'entraîne pas toujours une baisse rapide des prix. Ces derniers peuvent rester élevés même après l'ouverture d'une enquête par les autorités de la concurrence (De Roos, 2006).

### 7.2.1 Collusion totale ou semi-collusion

Dans les zones 1 et 6, la collusion totale et la semi-collusion génèrent les mêmes configurations technologiques et donc les mêmes profits. Dans ces deux zones, le choix du mode de collusion est très simple. Les firmes préfèrent le mode de collusion pour lequel l'espérance d'amende est la plus faible. La collusion totale est préférée à la semi-collusion si et seulement si :

$$\begin{aligned} \text{Zone 1} & : \quad \Pi_1^T(F, F) - \rho_1 F_1 \geq \Pi_1^S(F, F) - \rho_2 F_2 \Leftrightarrow \rho_2 F_2 \geq \rho_1 F_1 \\ \text{Zone 6} & : \quad \Pi_1^T(D, D) - \rho_1 F_1 \geq \Pi_1^S(D, D) - \rho_2 F_2 \Leftrightarrow \rho_2 F_2 \geq \rho_1 F_1 \end{aligned}$$

Dans les autres zones, la collusion totale génère une configuration technologique moins flexible que la semi-collusion. La collusion totale permet donc de réduire les investissements des firmes. Le choix du mode de collusion résulte donc d'un arbitrage entre la réduction des coûts fixes permise par la collusion totale et une éventuelle augmentation de l'espérance de l'amende par rapport à la semi-collusion.

Dans la zone 2, la configuration technologique est asymétrique dans le jeu de collusion totale. On suppose que les firmes déterminent leur rôle aléatoirement et que chaque firme a la même probabilité de se voir attribuer la technologie flexible. Dans cette zone, la collusion totale est préférée à la semi-collusion si et seulement si :

$$\frac{1}{2}\Pi_1^T(F, D) + \frac{1}{2}\Pi_1^T(D, F) - \rho_1 F_1 \geq \Pi_1^S(F, F) - \rho_2 F_2 \Leftrightarrow \frac{1}{2}(I_F - I_D) \geq \rho_1 F_1 - \rho_2 F_2$$

Dans les zones 3, 4 et 5, la collusion totale conduit à une configuration technologique (D,D) tandis que la semi-collusion génère une configuration technologique (F,F). Le choix de la collusion totale permet donc à chaque firme de réduire son coût fixe d'un montant  $I_F - I_D$ . Dans ces zones, la collusion totale est préférée à la semi-collusion si et seulement si :

$$\Pi_1^T(D, D) - \rho_1 F_1 \geq \Pi_1^S(F, F) - \rho_2 F_2 \Leftrightarrow I_F - I_D \geq \rho_1 F_1 - \rho_2 F_2$$

### 7.2.2 Concurrence ou collusion totale

Dans les zones 1, 4, 5 et 6, les configurations technologiques d'équilibre sont les mêmes dans le jeu de collusion totale que dans le jeu sans collusion. Dans ces zones, le choix

entre la collusion totale et l'absence de collusion ne modifie pas les coûts fixes des firmes. Ce choix résulte donc uniquement d'un arbitrage entre les gains de la collusion et les risques de sanction. Les gains potentiels de la collusion sont plus forts dans la zone 1, car en l'absence de collusion, la concurrence y est plus intense. La collusion totale est préférée à l'absence de collusion si et seulement si :

$$\text{Zone 1} \quad : \quad \Pi_1^T(F, F) - \rho_1 F_1 \geq \Pi_1^A(F, F) \Leftrightarrow \frac{\delta}{1 - \delta} \frac{(\alpha - c)^2}{36(1 + \lambda)} \geq \rho_1 F_1$$

$$\text{Zones 4, 5 et 6} \quad : \quad \Pi_1^T(D, D) - \rho_1 F_1 \geq \Pi_1^A(D, D) \Leftrightarrow \frac{\delta}{1 - \delta} \frac{\lambda^2 (\alpha - c)^2}{4(1 + \lambda)(2 + \lambda)^2} \geq \rho_1 F_1$$

Dans les zones 2 et 3, le choix de la collusion totale permet non seulement d'augmenter les prix de vente mais aussi de réduire les coûts fixes des firmes. La collusion totale est préférée à l'absence de collusion si et seulement si :

$$\text{Zone 2} \quad : \quad \frac{\Pi_1^T(F, D) + \Pi_1^T(D, F)}{2} - \rho_1 F_1 \geq \Pi_1^A(F, F) \Leftrightarrow \frac{\delta}{1 - \delta} \frac{(\alpha - c)^2}{36(1 + \lambda)} \geq \rho_1 F_1 - \frac{I_F - I_D}{2}$$

$$\text{Zone 3} \quad : \quad \Pi_1^T(D, D) - \rho_1 F_1 \geq \Pi_1^A(F, F) \Leftrightarrow \frac{\delta}{1 - \delta} \frac{(\alpha - c)^2}{36(1 + \lambda)} \geq \rho_1 F_1 - I_F + I_D$$

### 7.2.3 Concurrence ou semi-collusion

Dans les zones 1, 2, 3 et 6, les configurations technologiques sont les mêmes dans un accord de semi-collusion et sans accord de collusion. Dans ces zones, le choix entre la semi-collusion et l'absence de collusion se ramène à une comparaison de l'augmentation des prix permise par la semi-collusion et l'espérance de l'amende que la firme risque d'acquitter si la collusion est prouvée. La semi-collusion est préférée à l'absence de collusion si et seulement si :

$$\text{Zones 1, 2 et 3} \quad : \quad \Pi_1^S(F, F) - \rho_2 F_2 \geq \Pi_1^A(F, F) \Leftrightarrow \frac{\delta}{1 - \delta} \frac{(\alpha - c)^2}{36(1 + \lambda)} \geq \rho_2 F_2$$

$$\text{Zone 6} \quad : \quad \Pi_1^S(D, D) - \rho_2 F_2 \geq \Pi_1^A(D, D) \Leftrightarrow \frac{\delta}{1 - \delta} \frac{\lambda^2 (\alpha - c)^2}{4(1 + \lambda)(2 + \lambda)^2} \geq \rho_2 F_2$$

Dans les zones 4 et 5, le choix d'un accord de semi-collusion provoque non seulement l'apparition d'un risque de sanction par les autorités de la concurrence mais

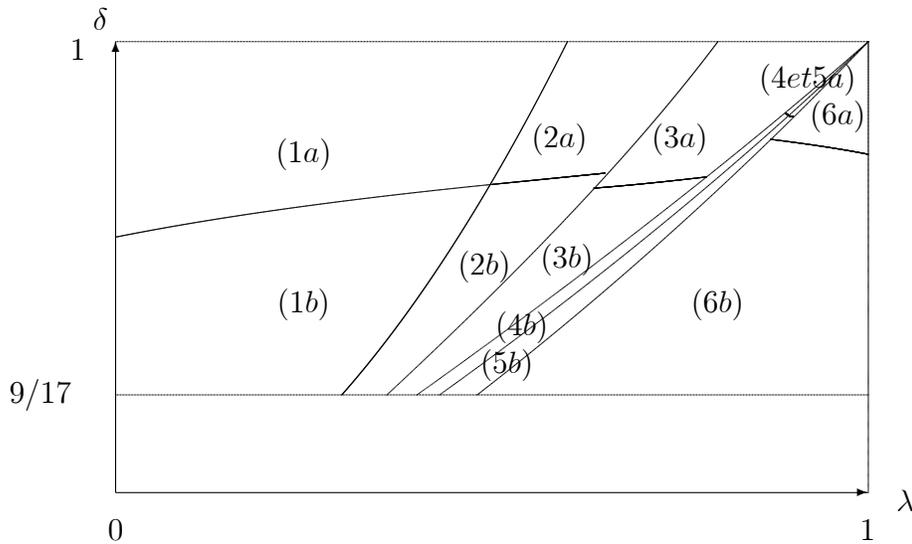
aussi une augmentation des coûts fixes des firmes. Dans ces zones, la semi-collusion est préférée à l'absence de collusion si et seulement si :

$$\Pi_1^S(F, F) - \rho_2 F_2 \geq \Pi_1^A(D, D) \Leftrightarrow \frac{\delta}{1 - \delta} \frac{\lambda^2 (\alpha - c)^2}{4(1 + \lambda)(2 + \lambda)^2} \geq \rho_2 F_2 + I_F - I_D$$

### 7.3 Illustration

Une représentation graphique permet de mieux visualiser les frontières des conditions précédentes et les résultats obtenus. Les valeurs des paramètres retenues sont :  $I_F - I_D = 5$ ,  $\alpha - c = 10$ ,  $\rho_1 = 0,3$ ,  $\rho_2 = 0,2$ ,  $F_1 = F_2 = 40$ .

Figure 6 : Etendue endogène des accords de collusion



Les résultats par zone sont les suivants : Dans la zone (1a), semi-collusion et (F,F) ; dans la zone (1b), absence de collusion et (F,F). Dans la zone (2a), semi-collusion et (F,F) ; dans la zone (2b), absence de collusion et (F,F). Dans la zone (3a), collusion totale et (D,D) ; dans la zone (3b), absence de collusion et (F,F). Dans les zones (4a et 5a), collusion totale et (D,D) ; dans les zones (4b et 5b), absence de collusion et (D,D). Dans la zone (6a), semi-collusion et (D,D) ; dans la zone (6b), absence de collusion et (D,D).

Dans ce modèle, les risques d'amende, si les firmes passent un accord de collusion, sont concentrés sur le début du jeu. Les réunions pour définir l'accord, qui peuvent

être détectées, ont lieu au début du jeu. Ensuite, la collusion est tacite et elle ne donne plus lieu à des rencontres. La négociation d'un accord de collusion est donc semblable à un investissement dont les coûts sont payés lors des premières périodes et dont les bénéfices sont étalés dans le temps. Cet investissement dans un accord de collusion est rentable lorsque le facteur d'actualisation est suffisamment élevé. Les firmes passent donc des accords de collusion dans les zones situées dans le haut du graphique (1a à 6a) et se font concurrence dans les zones situées dans le bas du graphique (1b à 6b)<sup>11</sup>. Dans les zones (1a) et (6a), les firmes choisissent le mode de collusion pour lequel l'espérance de la sanction est la plus faible. Elles choisissent la semi-collusion. Dans les zones (2a à 5a), les firmes doivent arbitrer entre la semi-collusion, pour laquelle l'espérance de l'amende est plus faible, et la collusion totale qui permet de réduire les coûts fixes des firmes. Pour les valeurs des paramètres que l'on a retenues, la réduction des coûts fixes est suffisante pour compenser l'augmentation du risque de sanction dans les zones (3a à 5a) mais pas dans la zone (2a).

La représentation graphique montre que les possibilités de collusion peuvent être une fonction non-montone de  $\lambda$  et de  $\delta$ . La tendance générale qui se dégage est qu'une valeur plus faible de  $\lambda$  augmente l'intervalle des valeurs de  $\delta$  pour lesquelles un accord de collusion est passé. Une valeur de  $\lambda$  plus faible augmente le degré de différenciation des produits, ce qui réduit la concurrence entre les deux produits et accroît le profit de monopole. En outre, lorsque  $\lambda$  est faible, les firmes choisissent des technologies flexibles en l'absence de collusion, ce qui accroît la concurrence potentielle entre les deux firmes. Les gains potentiels de la collusion sont donc plus élevés lorsque  $\lambda$  est plus faible. Cependant, dans la zone 6, dans laquelle les deux biens sont des substituts proches et les firmes choisissent des technologies dédiées, la réduction de la concurrence potentielle lorsque  $\lambda$  diminue domine l'effet dû à l'accroissement du profit de monopole et la zone où les firmes choisissent la collusion se réduit lorsque  $\lambda$  diminue. En outre, des "sauts" peuvent se produire lorsque la variation de  $\lambda$  provoque un changement de zone. Par exemple, on peut partir de la zone (6a) où

---

<sup>11</sup>On peut noter que, si la politique antitrust peut dissuader les accords de collusion parfaite (dans lesquels les firmes fixent le prix de monopole), elle dissuade aussi les accords de collusion partielle (dans lesquels les firmes fixent des prix compris entre le prix obtenu dans le jeu de Cournot et le prix de monopole). Les firmes choisissent donc de se faire concurrence dans la zone où  $\delta < 9/17$ . Dans cette zone, les équilibres sont ceux représentés sur la figure 1 de cette étude.

les firmes choisissent la collusion, passer dans les zones (4b et 5b) où les firmes se font concurrence, pour arriver dans la zone (3a) où les firmes choisissent à nouveau la collusion, en réduisant la valeur de  $\lambda$  et en gardant celle de  $\delta$  constante. Le degré de différenciation des produits a donc un effet non monotone sur les choix de collusion et sur les prix. On peut aussi obtenir des variations non monotones en fixant la valeur de  $\lambda$  et en faisant varier celle de  $\delta$ . La tendance générale est qu'une augmentation de  $\delta$  élargit les intervalles des valeurs de  $\lambda$  pour lesquelles les firmes choisissent la collusion. On peut, cependant, trouver des zones pour lesquelles une augmentation de la valeur du facteur d'actualisation entraîne la dissolution d'un accord de collusion. Une augmentation de la valeur de  $\delta$  peut, ainsi, provoquer un passage de la zone (6a) à la zone (5b) ou de la zone (3a) à la zone (2b). Dans ces deux cas, une augmentation de  $\delta$  met fin à l'accord de collusion. Ces effets sont dus à des modifications potentielles des configurations technologiques. Dans la zone 6, la configuration technologique est (D,D) qu'un accord de collusion soit passé ou non. En revanche, dans la zone 5, la configuration technologique est (D,D) en l'absence de collusion et si la collusion est totale mais (F,F) dans le cas de la semi-collusion. Donc lorsque l'augmentation de  $\delta$  conduit à un passage de la zone 6 à la zone 5, les firmes doivent pour maintenir l'accord de collusion accepter une augmentation des coûts fixes, si elles conservent leur accord de semi-collusion, ou accepter une augmentation de l'espérance de sanction, si elles étendent leur accord de collusion aux choix technologiques. Pour certaines valeurs des paramètres, les firmes choisissent de renoncer à la collusion. Lors du passage de la zone (3a) à la zone (2b), on a un effet inverse. Dans la zone (3a), l'accord de collusion totale permet non seulement d'augmenter les prix mais aussi de réduire les investissements des firmes. Dans la zone (2b), la réduction des investissements permise par la collusion totale est plus faible. La collusion totale ne permet plus d'implémenter la configuration (D,D) mais seulement une configuration (F,D). Cette réduction des gains dus à la diminution des coûts fixes pousse les firmes, pour certaines valeurs des paramètres, à renoncer à passer un accord de collusion.

La représentation graphique illustre aussi le fait que le degré de flexibilité de la configuration technologique d'équilibre peut être une fonction non monotone de  $\lambda$  et de  $\delta$ . Sur les figures 1, 2 et 3, on a constaté que dans les trois jeux de base (absence de collusion, semi-collusion et collusion totale), le degré de flexibilité de la configuration technologique d'équilibre était une fonction monotone croissante de

$\delta$  et monotone décroissante de  $\lambda$ . Lorsque l'étendue de l'accord de collusion est endogène, ces monotonies ne sont pas conservées. Une augmentation de  $\lambda$  peut, par exemple, provoquer un passage de (3a) à (3b) et un saut d'une configuration (D,D) à une configuration (F,F). Donc, une réduction du degré de différenciation des produits peut conduire à une configuration technologique plus flexible. De même, une augmentation de  $\delta$  peut conduire à une configuration technologique moins flexible lorsque cette augmentation de  $\delta$  déplace la configuration d'équilibre d'une zone où les firmes choisissent l'absence de collusion vers une zone où les firmes choisissent un accord de collusion totale. Sur le graphique, c'est le cas lorsque l'augmentation de  $\delta$  conduit à un passage de (3b) à (3a).

Pour les valeurs des paramètres retenues pour ce graphique, la configuration technologique (F,D) n'apparaît pas à l'équilibre. Elle peut, cependant, apparaître pour d'autres valeurs des paramètres dans la zone (2a). Il suffit pour cela de diminuer suffisamment le montant des amendes  $F_1 = F_2$  ou d'augmenter suffisamment le coût fixe additionnel,  $I_F - I_D$ , de la technologie flexible.

## 7.4 Effets d'une variation du montant des amendes

L'objectif de cette étude n'est pas de déterminer la politique optimale de dissuasion de la collusion. Avec les hypothèses retenues, la politique optimale de dissuasion consisterait à fixer des amendes  $F_1$  et  $F_2$  très élevées pour totalement dissuader la collusion. Dans ce modèle, on a introduit aucun coût qui pourrait limiter l'attrait d'amendes très élevées. On a notamment exclu la possibilité que les autorités de la concurrence commettent des erreurs et sanctionnent des firmes innocentes. Il faudrait donc modifier certaines hypothèses pour avoir une analyse intéressante de la politique de dissuasion de la concurrence.

Cependant, le modèle actuel permet de mettre en lumière un arbitrage intéressant concernant le montant des amendes lorsque ce montant a une valeur moyenne. Si on reprend les valeurs des paramètres précédentes, mais en augmentant le montant des amendes  $F_1 = F_2 = 60$ . Cette augmentation de même ampleur de  $F_1$  et  $F_2$  provoque une réduction des zones (a) au profit des zones (b). L'augmentation des amendes provoque un recul des accords de collusion tacite. Des amendes plus élevées rendent

les marchés plus concurrentiels pour un certain nombre de valeurs des paramètres du modèle. Cela augmente le bien-être social. Parallèlement, la zone (3a) se modifie. Auparavant, dans cette zone, les firmes choisissaient la collusion totale et une configuration technologique (D,D). Maintenant, elles choisissent la semi-collusion et une configuration technologique (F,F). Les prix dans cette zone ne sont pas modifiés par l'augmentation des amendes. Le surplus des consommateurs reste donc inchangé. En revanche, les profits des firmes diminuent car elles supportent des coûts fixes plus élevés. Donc, dans cette zone, une augmentation des amendes réduit le surplus social. L'augmentation des amendes provoque donc une augmentation du surplus social dans certaines zones des paramètres mais une diminution dans d'autres zones. L'augmentation des amendes permet de faire progresser les zones où les firmes choisissent de ne pas faire de collusion au détriment des zones où les firmes passent des accords de collusion. Ce premier effet est bénéfique pour le surplus social. Cependant, l'augmentation des amendes (si  $\rho_1 > \rho_2$ ) peut aussi provoquer une progression des zones où la semi-collusion est choisie au détriment des zones où la collusion totale est choisie. Or, dans ces zones, le surplus social est supérieur dans le cas de la collusion totale. Ce second effet a un impact négatif sur le surplus social. Les autorités de la concurrence peuvent donc avoir à effectuer un arbitrage entre ces deux effets.

## 8 Conclusion

On a, dans un premier temps, comparé les résultats de trois jeux différant par l'étendue des accords de collusion que les firmes sont en mesure de passer. On a montré que la configuration technologique (F,F) apparaît plus souvent à l'équilibre dans le jeu de semi-collusion que dans le jeu sans collusion. La perspective d'un accord de collusion portant sur les quantités dans la deuxième phase du jeu incite les firmes à augmenter leurs investissements, lors de la première phase du jeu, afin de renforcer leur pouvoir de négociation et d'obtenir une plus grande part des profits de la collusion. Les accords de collusion totale, au contraire, conduisent les firmes à réduire leurs investissements en flexibilité par rapport au jeu sans collusion. Les firmes utilisent l'accord de collusion de la deuxième phase du jeu pour menacer une firme qui choisirait une technologie flexible plutôt qu'une technologie dédiée de rétorsion. Cette menace de mettre fin à l'accord de collusion en cas de choix technologique considéré

comme agressif permet aux firmes d'élargir la zone des paramètres pour lesquels la configuration technologique (D,D) est un équilibre. La collusion totale permet donc de réduire la concurrence technologique entre les firmes et de réduire les coûts fixes.

Dans un second temps, on s'est efforcé de rendre endogène l'étendue des accords de collusion. On a supposé que les firmes pouvaient choisir l'étendue de l'accord. Cependant, les autorités de la concurrence peuvent détecter et sanctionner les accords de semi-collusion et de collusion totale. Le choix de l'étendue de l'accord résulte d'une comparaison des avantages et des inconvénients des différentes étendues. Les accords de collusion permettent d'augmenter les prix de vente mais ils génèrent un risque de sanction. Les accords de semi-collusion peuvent avoir l'inconvénient supplémentaire de renforcer la concurrence technologique et d'accroître les coûts fixes des firmes. Les accords de collusion totale peuvent avoir l'avantage supplémentaire de diminuer la concurrence technologique entre les firmes et de réduire les coûts fixes. On a montré que, lorsque l'étendue des accords est endogène, les prix d'équilibre et le degré de flexibilité de la configuration technologique d'équilibre peuvent devenir des fonctions non monotones du degré de différenciation des produits et du facteur d'actualisation des firmes. On a aussi montré qu'une augmentation du montant des amendes pouvait avoir un effet ambigu sur le surplus social. Cette augmentation mettait fin à des accords de collusion dans certaines zones des paramètres du modèle, mais, dans d'autres zones, son seul effet était d'augmenter la concurrence technologique entre les firmes et d'accroître les coûts fixes.

Ces résultats ont été obtenus sous des hypothèses assez particulières. Les résultats obtenus dans la première partie sont très probablement robustes à une modification de ces hypothèses. Le résultat que les accords de semi-collusion conduisent à une augmentation des investissements des firmes qui ne sont couverts pas par l'accord de collusion est conforme aux résultats obtenus dans d'autres modèles de semi-collusion. La possibilité que l'extension de l'accord de collusion permette de réduire les investissements semble elle aussi intuitive et probablement robuste à une modification des hypothèses. En revanche, les résultats de la seconde partie tiennent peut-être plus aux hypothèses retenues. On a choisi une modélisation très schématique de la politique de dissuasion de la collusion. Cette modélisation, malgré sa simplicité, a permis d'obtenir des résultats intéressants de non-monotonie, de faire apparaître un effet ambigu de l'augmentation des amendes sur le surplus social et de proposer un

premier élément pour expliquer les choix d'étendue des accords de collusion. Sur ce dernier point, cette étude ne représente qu'un premier pas. On a expliqué l'étendue des accords de collusion par un arbitrage entre le risque de sanction et la possibilité d'augmenter les prix et de réduire les coûts fixes. D'autres éléments interviennent probablement dans ce choix. On a notamment totalement négligé les aspects informationnels du problème. On a aussi supposé que les firmes pouvaient s'engager dès le début du jeu sur l'étendue de l'accord et que cet engagement était irréversible. Cette hypothèse est probablement raisonnable dans certaines industries mais probablement pas dans toutes. Il serait intéressant d'étudier comment les résultats du modèle varient lorsque les firmes ne peuvent pas s'engager à ne pas renégocier un accord de collusion, passé avant l'étape de choix technologique, après avoir observé des choix technologiques différents de ceux stipulés par l'accord. Ce dernier point sera l'objet d'une prochaine étude.

## References

- [1] AUBERT C., P. REY et W. KOVACIC (2006), The impact of leniency and whistle-blowing programs on cartels, *International Journal of Industrial Organization*, 24, 1241-1266.
- [2] BOYER M., A. JACQUES et M. MOREAUX (1998), Better observability promotes the adoption of more flexible technologies, mimeo, CIRANO (Montréal) and GREMAQ (Toulouse).
- [3] BROD A. et R. SHIVAKUMAR (1999), Advantageous semi-collusion, *Journal of Industrial Economics*, 47, 221-230.
- [4] CHANG M-H. (1992), Intertemporal product choice and its effects on collusive firm behavior, *International Economic Review*, 33 (4), 773-793.
- [5] DAVIDSON C. et R. DENECKERE (1990), Excess capacity and collusion, *International Economic Review*, 31 (3), 521-541.
- [6] DE ROOS N. (2006), Examining models of collusion : the market for lysine, *International Journal of Industrial Organization*, 24, 1083-1107.

- [7] EATON B.C. et N. SCHMITT (1994), Flexible manufacturing and market structure, *American Economic Review*, 84, 875-888.
- [8] FERSHTMAN C. et N. GANDAL (1994), Disadvantageous semicollusion, *International Journal of Industrial Organization*, 12, 141-154.
- [9] FRIEDMAN J. (1971), A non-cooperative equilibrium for supergames, *Review of Economic Studies*, 38 (1), 1-12.
- [10] FRIEDMAN J. et J-F. THISSE (1993), Partial collusion fosters minimum product differentiation, *Rand Journal of Economics*, 24 (4), 631-645.
- [11] HÄCKNER J. (1995), Endogenous product design in an infinitely repeated game, *International Journal of Industrial Organization*, 13, 277-299.
- [12] JACQUES A. (2003), La flexibilité technologique : un survol de la littérature, *Revue d'économie politique*, 113, 587-624.
- [13] JACQUES A. (2006), Technologies flexibles et collusion tacite, *Recherches Économiques de Louvain*, 72 (4), 385-412.
- [14] JACQUES A. (2007), Cours d'économie industrielle, mimeo<sup>12</sup>.
- [15] JEHIEL P. (1992), Product differentiation and price collusion, *International Journal of Industrial Organization*, 10, 633-641.
- [16] KIM T., L-H. RÖLLER et M. TOMBAK (1992), Strategic choice of flexible production technologies and welfare implications : addendum et corrigendum, *Journal of Industrial Economics*, 40, 233-235.
- [17] MARTIN S. (1995), R&D joint ventures and tacit product market collusion, *European Journal of Political Economy*, 11, 733-741.
- [18] NASH J. (1950), The bargaining problem, *Econometrica*, 28, 155-162.

---

<sup>12</sup>Disponible sur internet à l'adresse : <http://ceresur.univ-reunion.fr/>. Rubriques : membres titulaires, Armel Jacques, économie industrielle.

- [19] NORMAN G. et J-F. THISSE (1999), Technology choice and market structure: strategic aspects of flexible manufacturing, *Journal of Industrial Economics*, 47, 345-372.
- [20] PÉNARD T. (1997), Choix de capacités et comportements stratégiques : une approche par la théorie des jeux répétés, *Annales d'Économie et de Statistique*, 46, 203-224.
- [21] REY P. (2003), Toward a theory of competition policy, in Mathias Dewatripont, Lars Peter Hansen et Stephen J. Turnovsky (eds), *Advances in economics and econometrics : theory and applications : eighth world congress*, Cambridge University Press.
- [22] RÖLLER L-H. et M. TOMBAK (1990), Strategic choice of flexible production technologies and welfare implications, *Journal of Industrial Economics*, 38, 417-431.
- [23] SOUAM S. (2001), Optimal antitrust policy under different regimes of fines, *International Journal of Industrial Organization*, 19, 1-26.
- [24] WHINSTON M. (2006), *Lectures on Antitrust Economics*, MIT Press, Cambridge.

## .1 Annexe : Accord collusoire mixte contraint

Dans la zone intéressante, l'incitation de la firme flexible à ne pas dévier de la politique de production prévue est saturée. On a donc

$$\delta = \frac{\pi_1^d - \pi_1^c}{\pi_1^d - \pi_1^{cn}} \Leftrightarrow \pi_1^c = (1 - \delta) \pi_1^d + \delta \pi_1^{cn}$$

Le profit de collusion et le profit de déviation peuvent s'écrire comme une fonction des quotas de production.

$$\pi_1^c = \frac{1}{4(1 + \lambda)} (\alpha - c)^2 + \frac{1}{2} (\alpha - c) q_1^B$$

Le quota de production alloué à la firme 2 est égal à

$$q_2^B = \frac{1}{2(1+\lambda)} (\alpha - c) - q_1^B$$

On en déduit le profit de la firme 1 en cas de déviation

$$\pi_1^d = \frac{5+4\lambda}{16(1+\lambda)^2} (\alpha - c)^2 + \frac{1+2\lambda}{4(1+\lambda)} (\alpha - c) q_1^B + \frac{1}{4} (q_1^B)^2$$

En introduisant ces expressions dans la première équation, on obtient, après quelques transformations :

$$\frac{\alpha - c}{1+\lambda} q_1^B + \delta \frac{1+2\lambda}{1+\lambda} (\alpha - c) q_1^B - (1-\delta) (q_1^B)^2 = \left[ \frac{1}{4} - \frac{\delta}{36} (20\lambda^2 + 4\lambda - 7) \right] \frac{(\alpha - c)^2}{(1+\lambda)^2}$$

On pose :

$$x \equiv q_1^B \frac{1+\lambda}{\alpha - c}$$

Il vient :

$$(1 + \delta + 2\delta\lambda) x - (1 - \delta) x^2 - \frac{1}{4} \left[ 1 - \frac{\delta}{9} (20\lambda^2 + 4\lambda - 7) \right] = 0$$

Le discriminant de ce polynôme du second degré est égal à :

$$\Delta = \frac{4}{9} \delta (5 + 4\delta) (1 + \lambda)^2$$

Il est toujours positif, le polynôme admet donc deux racines réelles :

$$\begin{aligned} x_1 &= \frac{1 + \delta + 2\delta\lambda}{2(1 - \delta)} + \frac{1}{3} \frac{1 + \lambda}{1 - \delta} \sqrt{\delta(5 + 4\delta)} \\ x_2 &= \frac{1 + \delta + 2\delta\lambda}{2(1 - \delta)} - \frac{1}{3} \frac{1 + \lambda}{1 - \delta} \sqrt{\delta(5 + 4\delta)} \end{aligned}$$

La racine  $x_1$  n'est pas une solution admissible du problème, en effet

$$x = q_1^B \frac{1+\lambda}{\alpha - c} \Leftrightarrow q_1^B = \frac{x}{1+\lambda} (\alpha - c)$$

On doit donc avoir

$$0 < x < \frac{1}{2}$$

Or

$$x_1 > \frac{1 + \delta + 2\delta\lambda}{2(1 - \delta)} > \frac{1 + \delta}{2(1 - \delta)} > \frac{1}{2}$$

On obtient donc

$$q_1^B = \frac{x}{1 + \lambda} (\alpha - c)$$

avec

$$x = \frac{1 + \delta + 2\delta\lambda}{2(1 - \delta)} - \frac{1}{3} \frac{1 + \lambda}{1 - \delta} \sqrt{\delta(5 + 4\delta)}$$

On en déduit les profits des deux firmes

$$\begin{aligned} \pi_1^c &= \left\{ \frac{1}{4(1 + \lambda)} + \frac{1 + \delta + 2\delta\lambda}{4(1 - \delta)(1 + \lambda)} - \frac{1}{6} \frac{1}{1 - \delta} \sqrt{\delta(5 + 4\delta)} \right\} (\alpha - c)^2 \\ \pi_2^c &= \left\{ \frac{1}{4(1 + \lambda)} - \frac{1 + \delta + 2\delta\lambda}{4(1 - \delta)(1 + \lambda)} + \frac{1}{6} \frac{1}{1 - \delta} \sqrt{\delta(5 + 4\delta)} \right\} (\alpha - c)^2 \end{aligned}$$