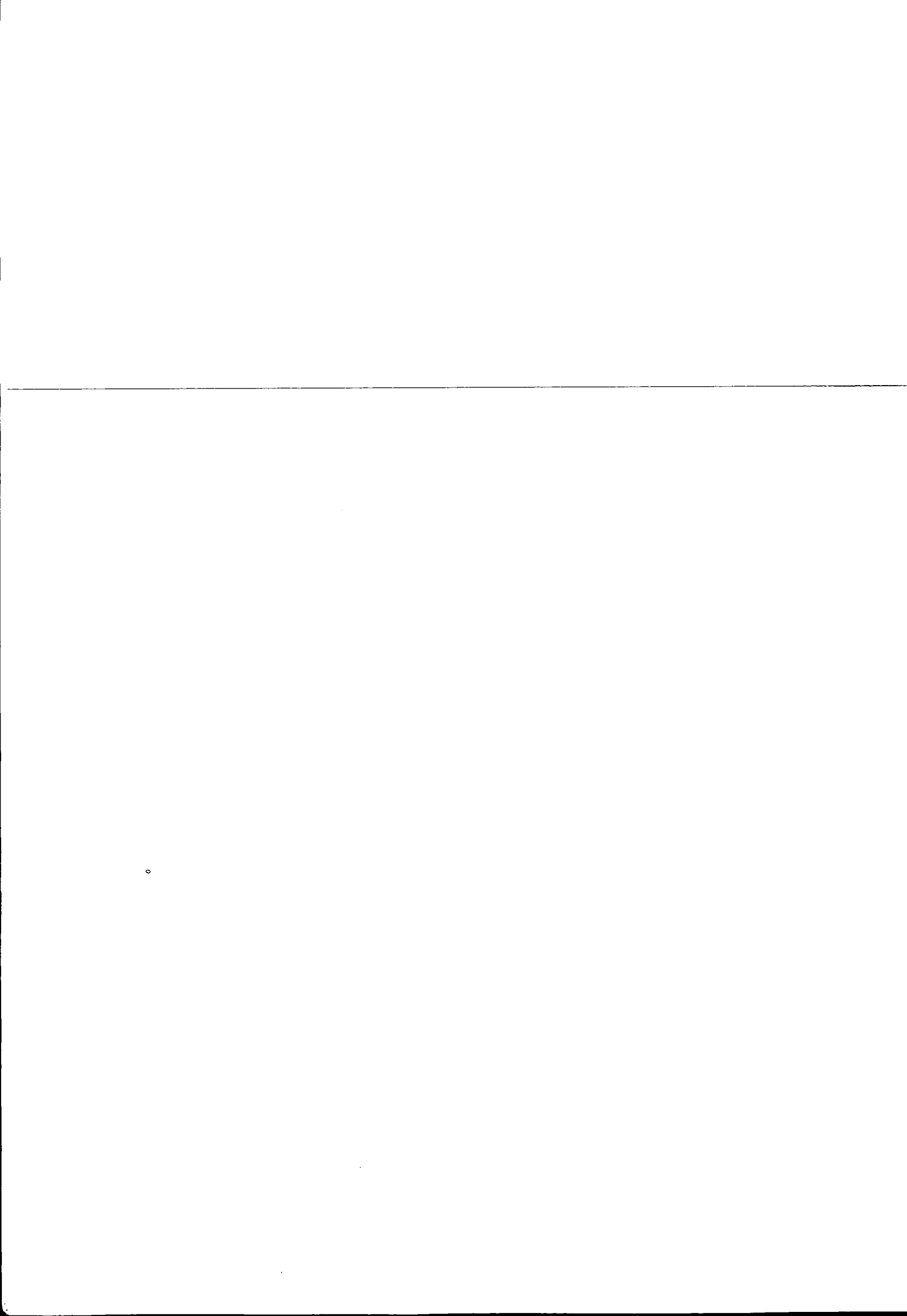


Ministère des Transports
Direction des Transports Terrestres
O.E.S.T.

**ACCÈS DES TIERS AU RÉSEAU FERRÉ:
QUALITÉS, VARIÉTÉS ET BIEN-ÊTRE**

Jean-Philippe Tropeano



Remerciements

Ce travail est le résultat d'un stage effectué à l'Observatoire Economique et Statistique des Transports et à la Direction des Transports Terrestres, sous la direction de Mme Anne Perrot et de M. Alain Sauvant que je tiens à remercier pour l'aide et les conseils qu'ils m'ont apportés durant tout l'été.

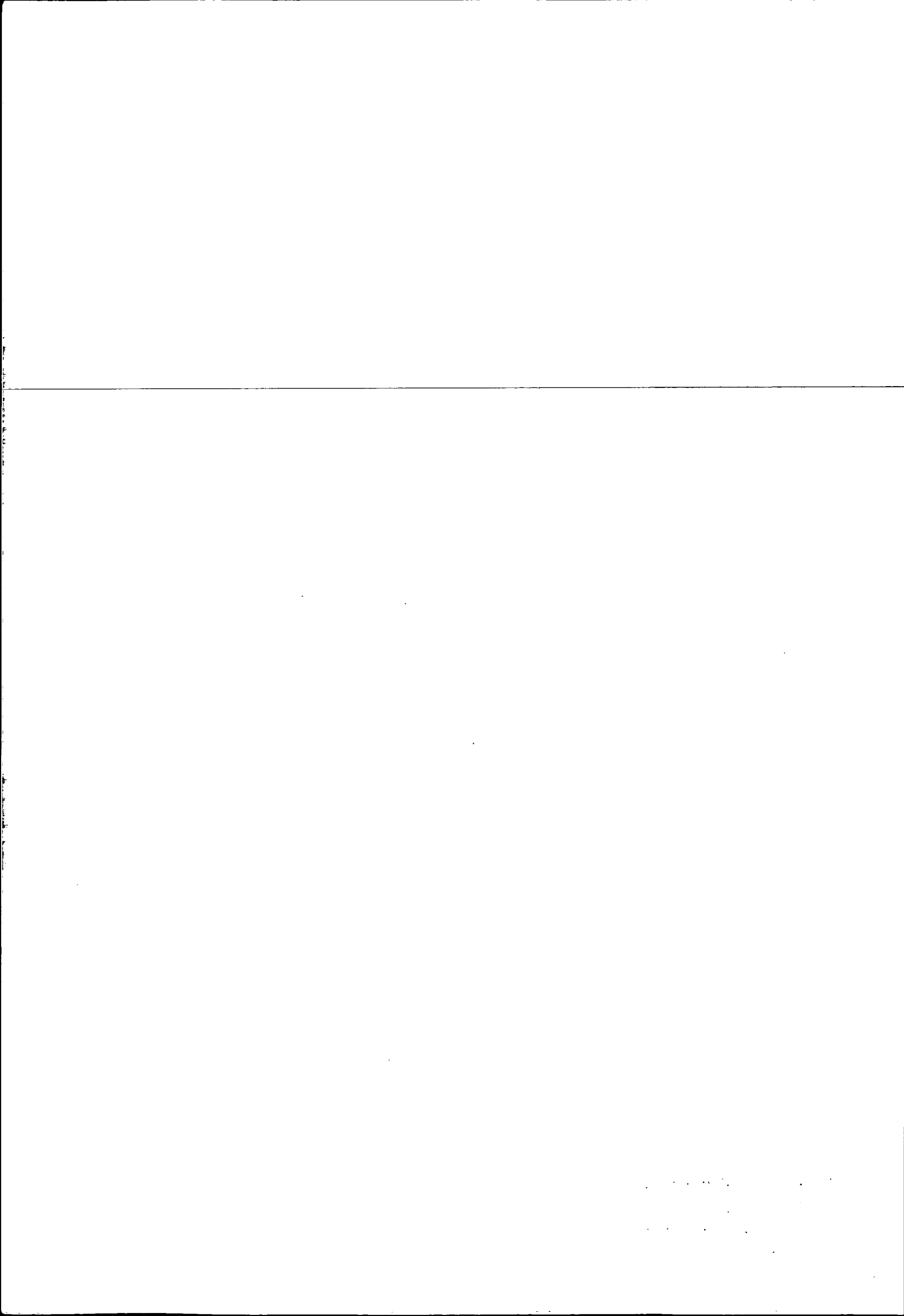
Ce travail doit également beaucoup à M. Quinchon, qui, en m'accueillant au sein de la Direction de l'Infrastructure de la SNCF, m'a permis de prendre la mesure des spécificités du transport ferré, spécificités indispensables à prendre en compte dans une modélisation qui prétend souligner les impacts de l'accès des tiers au réseau ferré.

Le Ministère des Transports n'entend donner aucune approbation ni improbation aux opinions émises dans ce rapport.

Observatoire Economique
et Statistique des Transports

DOCUMENTATION

Réf. n° 10729



Sommaire

Résumé	4
Contexte et spécificités du transport ferroviaire	10
Partie I: Accès des tiers au réseau et qualité	12
1-Choix de la fréquence et de la qualité d'une ligne	12
2-Concurrence en qualité (en vitesse) et incitation à la coopération	18
Conclusion	38
Partie II: Standardisation des vitesses et bien-être	39
1-Concurrence parfaite	40
2-Optimum	43
3-Monopole	45
4-Duopole	46
Conclusion	50
Partie III: Introduction d'une nouvelle qualité: optimum et concurrences	51
Partie IV: Fréquence versus variétés	64
Le modèle de Church et Gandhal	64
Conclusion	70
Bibliographie	71
Annexes	73

Résumé

Les différents modèles développés ici adaptent la théorie de l'économie des réseaux à certaines particularités du transport ferroviaire. En particulier, dans un système ferroviaire, le fait de faire circuler des trains à différentes vitesses nuit fortement à la capacité de l'infrastructure. Il y a donc nécessité de procéder à des arbitrages entre la variété de l'offre, la fréquence proposée et la capacité de l'infrastructure.

Les principales conclusions qu'il conviendrait de préciser à l'aide de données quantitatives sont les suivantes:

I-1- Dans une situation d'autorisation plus souple de l'accès à l'infrastructure, les fréquences offertes sont plus élevées qu'à l'optimum social. Si le régulateur reste maître de l'infrastructure, ce dernier a tendance à compenser cette sur-fréquence par un sur-investissement en capacité.

I-2- Un planificateur recherchant l'optimum social a non seulement intérêt à ce que tous les trains circulent à la même vitesse mais plus précisément à la vitesse la plus élevée possible pour peu que les coûts croissent proportionnellement à cette vitesse.

La libre concurrence, selon les préférences des consommateurs pour la durée du trajet, conduit à deux configurations: le monopole de la qualité supérieure ou la coexistence des deux firmes.

Dans le cas où les consommateurs sont peu sensibles à la durée du trajet (à la qualité offerte), une façon de mettre en oeuvre cette homogénéité des vitesses est de ne pas sur tarifer l'accès de l'infrastructure à l'opérateur le plus performant en termes de qualité offerte (vitesse) de façon à favoriser l'émergence du "monopole naturel" de la qualité supérieure.

Dans les autres cas, la concurrence se traduit toujours par l'émergence du duopole.

Parmi les différents moyens d'inciter les firmes à se coordonner sur la même vitesse, le libre jeu du marché n'est pas la meilleure solution. La mise en place d'un comité de négociation est préférable à condition de considérer que tous les

protagonistes aient connaissance de la technologie de chacun d'eux et des caractéristiques du marché.

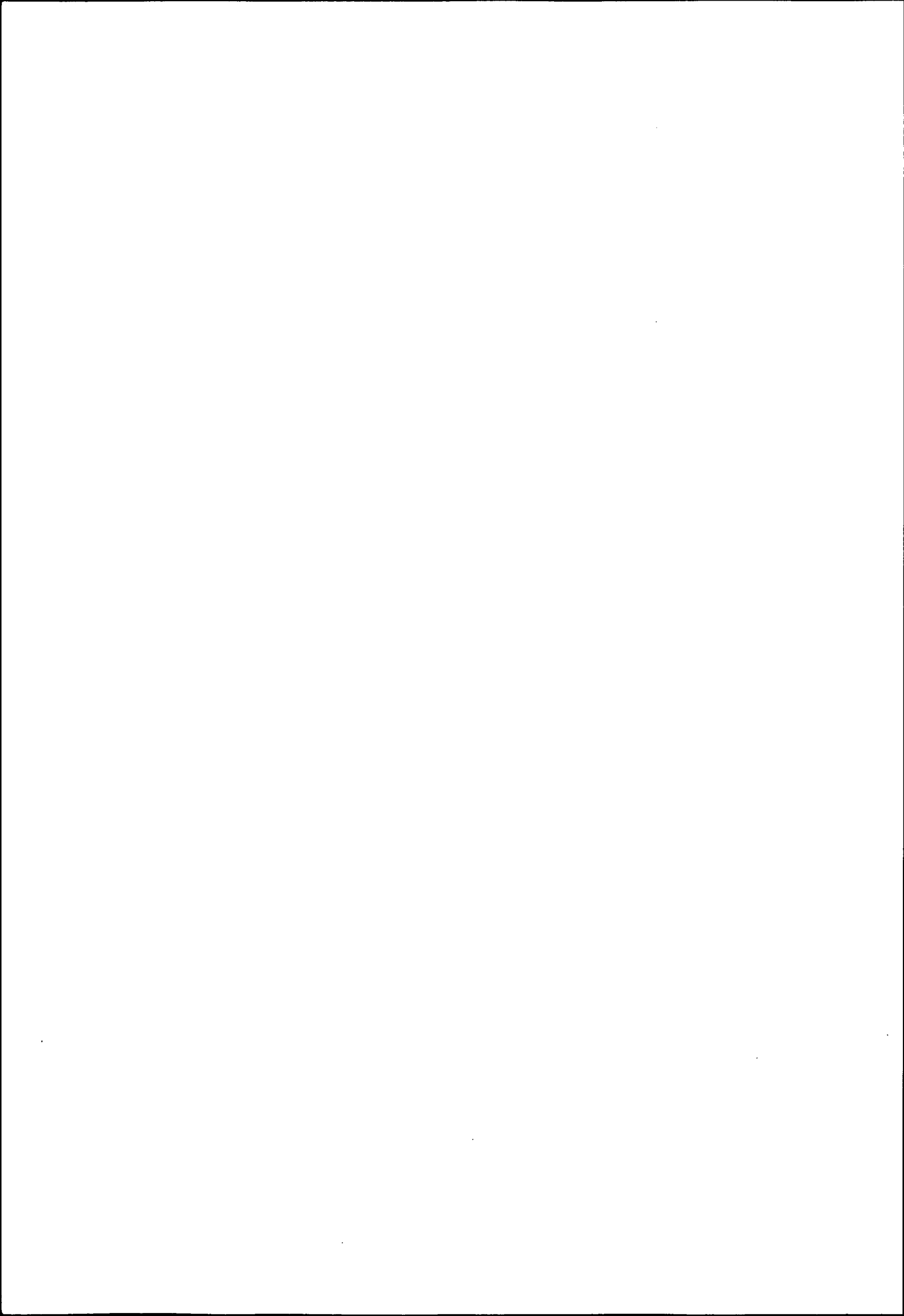
II- Quand deux entreprises se présentent sur une ligne, l'une disposant d'une technologie lui permettant de rouler plus vite que sa concurrente, la firme avancée a parfois intérêt à améliorer la technologie de base de sa concurrente pour améliorer les performances de l'autre firme de façon à homogénéiser les vitesses des deux opérateurs. En effet, si les deux vitesses de circulation sont trop différenciées, en présence de contrainte de capacité, la concurrence en prix est rude pour attirer les passagers.

Le modèle souligne une fois encore le risque de voir cohabiter les deux entreprises, c'est à dire deux vitesses de circulation, dans des cas de figure où il serait préférable que seule la firme la plus performante opère du fait de la forte préférence des consommateurs pour la fréquence des trains (fréquence pénalisée par la présence de deux vitesses de circulation).

III- Lorsque la concurrence se déroule en plusieurs phases, avec un opérateur en monopole en première étape et un concurrent offrant un meilleur rapport qualité prix en deuxième étape, le libre jeu du marché, en présence de droits du grand père sur les droits de circulation, est plus favorable au nouvel entrant que ne le commanderait l'optimum social. En effet, le concurrent peut avoir intérêt à pratiquer une politique de dumping en première période pour évincer l'ancien monopole de façon à faire valoir en deuxième période un avantage important.

On remarque ainsi que la règle du droit du grand père n'est pas favorable à l'opérateur en monopole au début de la rencontre. Elle ne l'est d'ailleurs pas pour le surplus global.

IV- Dans le cas où la diversité des points d'arrêt intermédiaire sur un axe donné est très pénalisante en terme de capacité, un régulateur peut être amené à fixer arbitrairement un schéma de desserte unique sur cet axe, ce que le marché ne fait pas toujours spontanément.



Contexte et spécificité du transport ferroviaire

Les réseaux ferrés européens sont, juridiquement du moins, à la veille d'un bouleversement de la même ampleur que celui qui affectera en 1997 le transport aérien. Par exemple, même si un T.G.V. Roissy Bruxelles par un opérateur tiers n'est pas encore réalisable, un train de nuit Londres Barcelone affrété par une entreprise privée britannique est en revanche aujourd'hui théoriquement possible.

Parti des Etats-Unis, un mouvement de déréglementation des monopoles a atteint l'Europe. S'il a d'abord concerné les télécommunications puis le transport aérien, il visait en réalité d'une façon beaucoup plus générale à mettre un terme aux monopoles publics ou privés, réglementés ou non. Il faut en fait distinguer la privatisation d'entreprises industrielles déjà plongées dans un univers concurrentiel de monopoles concernant des activités entières. En Europe, ces grands monopoles, aujourd'hui encore existant ou en voie de disparition, touchent depuis plus de cinquante ans l'électricité, le gaz, l'eau, les transports ferrés et aériens, le téléphone, la poste... Dans tous ces exemples les activités ont la particularité d'être organisées en réseau. Les entreprises se composent d'une infrastructure lourde: voies ferrées, réseau de distribution d'eau... La construction de lignes téléphoniques ou d'une ligne ferrée à grande vitesse est très coûteuse relativement aux coûts variables. En d'autres termes, pour entrer sur le marché, toute firme doit supporter un coût fixe important tant et si bien que le profit dégagé ne peut permettre qu'à une seule entreprise d'être présente. Ainsi, en dépit de toute réglementation, le monopole aurait de toutes façons caractérisé ces différentes (monopole naturel). C'est la principale raison économique invoquée pour justifier la prise en main par la collectivité de ces entreprises ou plus précisément la mise en place d'une réglementation très stricte en matière de prix et d'investissement. Il s'agissait tout simplement d'éviter la perte de surplus inhérente à toute situation de monopole (Varian, 1994) en obligeant les entreprises concernées à pratiquer une tarification de second rang; une simple tarification au coût marginal obligeant la puissance publique à des transferts monétaires.

Toutefois, les coûts fixes concernent en fait essentiellement l'infrastructure. La seule production d'eau, d'électricité ou la circulation d'un train ne présentent a priori pas l'inconvénient de nécessiter le déboursement d'un coût fixe exorbitant. L'idée qui a remis en question l'organisation de ces différentes activités en monopole réglementée était donc de différencier infrastructure et services utilisateurs de cette infrastructure. Certes, la construction et l'exploitation d'une ligne à grande vitesse est un monopole naturel, le profit retiré du trafic voyageurs et marchandises n'étant pas suffisant pour permettre à deux lignes voire plus de se concurrencer du fait du coût de la construction de la ligne- outre la perte sociale considérable qu'engendrerait de tels investissements au regard des gains éventuels. En revanche, de la même



façon que plusieurs entreprises de transport routier opèrent sur une relation donnée, le marché fret ou voyageur sur les grands axes permet vraisemblablement (sous réserve que les coûts d'entrée sur le marché ne soient pas excessifs) l'existence de plus d'une entreprise ferroviaire.

Ce raisonnement, appliqué aux télécommunications aux Etats-Unis puis en Grande Bretagne, l'est aujourd'hui au transport ferroviaire et est à la base de la directive 91-440 du Conseil de l'Union Européenne qui a été traduite en droit français dans le décret du 15 mai 1995 (Journal Officiel de la République française, 15 mai 1995). En dépit de ses limites actuelles, le décret énonce clairement la séparation entre infrastructure ferroviaire et services ferroviaires voyageurs ou marchandises et son prolongement naturel: l'accès d'entreprises tierces, offrant chacune le même type de prestations, au réseau.

Les deux principes de base énoncés par le décret rejoignent le double constat selon lequel la gestion d'une infrastructure est un monopole naturel, donc devant être soumis à une réglementation stricte et la viabilité de la concurrence en aval entre entreprises utilisatrices de cette infrastructure moyennant paiement d'une redevance. Ces deux principes sont donc la responsabilité de l'Etat en matière d'infrastructure et l'accès des tiers au réseau.

Ainsi l'article 3 affirme que seule la Société Nationale des Chemins de fer Français est responsable de la gestion et de la maintenance de l'infrastructure ferroviaire, l'article 2 énonce les devoirs de l'Etat en matière de développement de cette infrastructure en affirmant que "la consistance et les caractéristiques du réseau ferré national sont fixés par l'Etat" alors que l'article 4 rappelle que la SNCF doit faire l'objet d'une compatibilité séparée (en vigueur depuis 1993) entre ses activités de gestionnaire de l'infrastructure et ses activités d'entreprise prestataire de services ferroviaires susceptible d'être en concurrence avec d'autres firmes. Les articles 5 et 6 garantissent la possibilité d'accéder au réseau ferré français. Le cadre fixé est limité au seul transit pour les trains de voyageurs. Mais il permet dès maintenant la desserte du territoire pour les trains de fret combiné. Les articles 7 à 11 délimitent les conditions financières et techniques requises pour qu'une entreprise puisse accéder au réseau. Si elles apparaissent contraignantes elles permettent d'ores et déjà à l'ensemble des entreprises européennes d'opérer sur le réseau français.

Cette séparation comptable du monopole de la SNCF rend caducs les anciens principes qui régissaient son fonctionnement. La puissance publique doit d'une part définir les règles que devra respecter le nouveau monopole, gestionnaire de l'infrastructure et d'autre part examiner les formes que prendra la concurrence entre les entreprises ferroviaires prestataires de services de façon à palier les éventuelles défaillances du marché à l'aide d'une nouvelle réglementation (Curien Gensolen, 89).

Le premier problème concerne donc la partie amont du transport ferroviaire c'est à dire l'infrastructure. L'Etat, comptable de la gestion du réseau ferré, doit définir le prix, la charge

d'accès que devront acquitter les différentes entreprises ferroviaires pour accéder à ce réseau. En effet l'infrastructure, monopole public, doit être réglementée. Les principaux travaux qui cherchent à répondre à cette question sont dus à Baumol et Willig (94) ainsi qu'à Laffont et Tirole (94 et 95).

Certains auteurs étudient également l'impact de l'absence de toute réglementation dans la fixation de la charge d'accès par l'entreprise gestionnaire de l'infrastructure (Economides, 92, Flochel, 95).

L'étude des activités aval relève au contraire de l'économie des réseaux (Perrot 92 et Katz et Shapiro 94). Inaugurés par Katz et Shapiro (85), ces travaux étudient les activités présentant deux types de caractéristiques. D'une part, l'utilité du bien en question croît avec le nombre de personnes ayant déjà acheté ce bien. D'autre part, ces biens sont des "biens systèmes" se composant de deux éléments solidaires et nécessairement consommés ensemble. Les exemples évoqués dans ces travaux ne concernent pas les transports mais essentiellement l'informatique ou les télécommunications. En effet, l'utilité que procure la possession d'un téléphone augmente avec le nombre d'abonnés. De la même façon, l'utilisateur d'un ordinateur apprécie d'autant plus le modèle choisi que ce dernier est possédé par un nombre important d'agents pouvant dialoguer avec lui. L'exemple de l'ordinateur répond également à la deuxième caractéristique. Un ordinateur (le hardware) n'est rien sans logiciel (software) et vice versa. Un téléphone sans réseau téléphonique n'est pas d'une grande utilité.

La première caractéristique est appelée externalité de réseau. Lorsqu'un consommateur décide d'acquérir un bien répondant à la première caractéristique, il contribue à l'augmentation de l'utilité de tous les autres agents consommant déjà ce bien. Il exerce bien une externalité positive sur ces consommateurs.

Ces externalités de réseau posent le traditionnel problème de l'internalisation par les agents de l'impact de leur choix.

Elles soulèvent également le problème de l'importance des anticipations des agents. En effet, il suffit que les consommateurs soient convaincus qu'un bien s'imposera pour qu'effectivement il s'impose du fait de l'extraordinaire avantage que lui confèrent ces anticipations favorables. Quand ce type de prophéties autoréalisatrices opèrent, des équilibres multiples souvent instables sont mis en évidence. Ce type d'effet boule de neige peut être également pernicieux si les agents s'engagent sur un bien sous optimal.

De la même façon, les coordinations entre agents sont cruciales. Farrell et Saloner (85) montrent qu'un défaut de coordination peut empêcher par exemple un nouveau produit d'entrer sur le marché alors que ce dernier pourrait être socialement optimal.

Outre savoir quel produit risque ou devrait s'imposer, la question de la compatibilité des produits a retenu l'attention. Compatibilité voulant signifier que les clients d'une entreprise ne bénéficient pas seulement de la présence des autres clients de la même entreprise mais de toutes les personnes consommant le bien. Les utilisateurs de téléphone en Grande-Bretagne peuvent appeler les abonnés de British Télécom comme ceux de Mercury. La compatibilité a un effet ambigu sur le surplus des consommateurs. Certes elle augmente mécaniquement le surplus des consommateurs en augmentant le nombre d'agents utilisant le bien. Cependant, l'effet sur les prix n'est pas immédiat. Si sur deux périodes Katz et Shapiro (86b) obtiennent les mêmes résultats que Matutes et Régibeau (88) en soulignant que la compatibilité relâche la concurrence en prix, sur une seule période, Katz et Shapiro montre qu'au contraire la compatibilité rend la concurrence plus acharnée.

Enfin, Katz et Shapiro (86a, 86b et 92) ont cherché à étudier l'influence des externalités de réseau sur l'innovation. Un nouvel entrant ne serait-il pas pénalisé par la présence d'un bien, certes de moins bonne qualité, mais ayant réussi à se constituer une clientèle lui conférant un avantage important?

Les travaux concernant les biens systèmes se sont intéressés à l'impact sur le surplus global de la compatibilité des hardwares comme des softwares (Matutes et Régibeau 88, Einhorn 92). Ils ont également examiné si le marché avait tendance ou non à multiplier les variétés de hardwares au prix de gammes de software restreintes (Church et Gandhal 92).

Le transport ferroviaire présente plus ou moins directement ces deux caractéristiques. S'il n'y a pas d'effet de club, les externalités de réseau agissent indirectement de deux façons. Il existe d'une part des externalités d'offre. Une compagnie ferroviaire disposant d'une clientèle nombreuse pourra proposer à ses usagers divers services annexes qu'une petite compagnie n'aura pas les moyens d'offrir. Ces services contribuent à la qualité globale du bien. Un exemple, particulièrement prisé par la clientèle au vu des arguments avancés par les compagnies aériennes à la suite de l'introduction de la concurrence, est la fréquence des trains proposée sur une relation. Or, pour accéder au réseau ferré, comme le souligne l'article 17 du décret régissant l'accès des tiers au réseau, une entreprise doit obtenir un "sillon" (équivalent des slots aériens) sur le graphique des circulations. Au regard des négociations actuelles lors de l'attribution de ces sillons, justifier de trains bien remplis est un avantage indéniable pour obtenir un nouveau créneau horaire ou pour ne pas en perdre un. Si bien que la fréquence des trains d'une entreprise serait une fonction croissante de la demande.

D'autre part, sur une ligne peuvent coexister différentes vitesses de circulation. La vitesse peut être différente du fait de la technologie utilisée ou du fait du type de desserte choisi (omnibus, direct). La multiplication de vitesses différentes sur une voie réduit considérablement le nombre

total de circulations techniquement réalisables (voir schéma ci dessous). Par exemple, (Sauvant, 95 et annexe 2), supposons que la moitié des trains circulent à 300 km/h et l'autre moitié à 350 km/h, la fréquence totale de circulation est moitié moindre que ce qu'elle pourrait être si tous les trains circulaient à la même vitesse. Ainsi deux vitesses identiques rend possible une fréquence de circulation nettement supérieure à ce qu'elle serait si les deux vitesses étaient hétérogènes. L'analogie avec un standard technique est forte. Le choix d'une même vitesse correspond à une compatibilité parfaite des technologies, procurant à la fois aux consommateurs une fréquence maximale tout en rendant les biens parfaitement homogènes. Supposons que x agents choisissent le bien A et y le bien B. Si les deux biens ne sont pas compatibles ou autrement dit si les vitesses des trains des deux firmes sont différentes, des problèmes de saturation se posent très vite si bien que la fréquence de circulation de chaque compagnie est proportionnelle à son nombre de clients (respectivement $v(x)$ et $v(y)$). Lorsque les deux vitesses sont identiques, le problème de saturation ne se pose pas ou en des termes moins conflictuels, si bien que les différents opérateurs n'ont plus à faire valoir un grand nombre de clients pour obtenir des créneaux horaires. La fréquence est la même pour les deux firmes ($v(x+y)$). Si une seule entreprise s'impose, elle proposera effectivement la même fréquence que si les deux vitesses étaient identiques soit $v(x+y)$.

Ainsi apparaissent non seulement les effets de la compatibilité mis en évidence par Katz et Shapiro évoqués précédemment mais, comme le soulignent Farrell et Saloner (86), un effet perte de "variété". Variété au sens habituel du terme si l'hétérogénéité des vitesses provient de l'existence de dessertes de natures différentes ou "variété de qualités" s'il s'agit de deux technologies différentes.

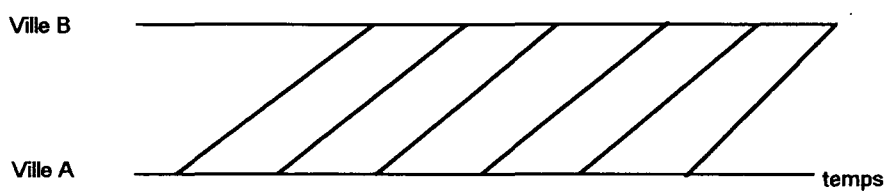
L'analogie avec le bien système est plus directe dans la mesure où un trajet en train est la combinaison de deux "biens": la location de l'infrastructure et le convoi proprement dit.

La différence notable vient des hardwares. Il n'y a pas à proprement parler de concurrence entre deux infrastructures sur une même relation. Cependant, une entreprise propose plusieurs trains (software) pour une qualité ou une variété donnée de desserte (hardware).

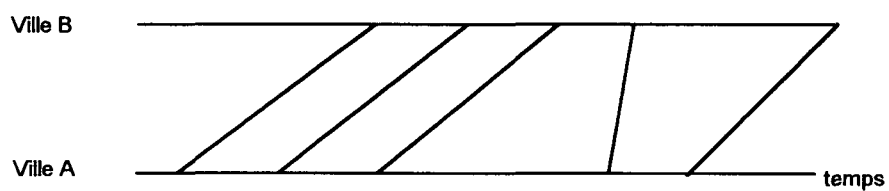
L'ensemble des questions, évoquées précédemment, traitées par l'économie des réseaux, devient pertinent dans le cadre du nouveau décret de mai 1995 qui introduit la concurrence sur le réseau ferré.

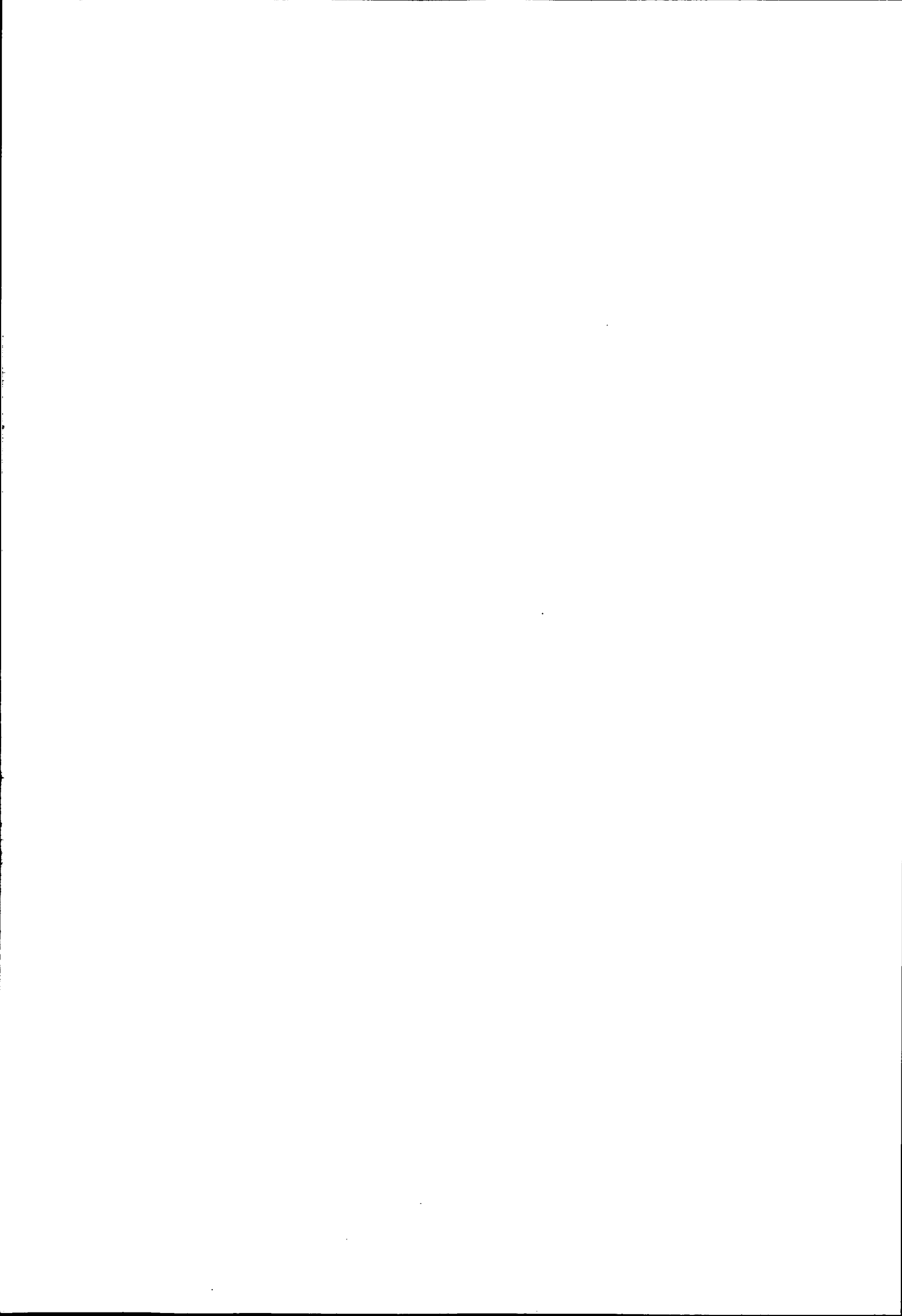
Illustration de la perte de capacité d'une ligne lorsque cohabitent deux entreprises faisant circuler des trains à des vitesses différentes

Vitesses homogènes



Coexistence d'un train rapide et de trains lents





PARTIE I: Accès des tiers au réseau et qualité

La Direction de l'Infrastructure de la SNCF résume dans un document interne (annexe 3) les deux problèmes majeurs auxquels elle se heurte dans l'élaboration des graphiques de circulations. D'une part elle rappelle le lien inverse entre qualité et fréquence, à capacité de l'infrastructure donnée. D'autre part elle souligne l'effet sur la qualité globale de la présence sur une même ligne de trains circulant à des vitesses différentes.

Cette partie étudie ces deux problèmes dans le nouveau cadre de l'accès des tiers au réseau.

1- Choix de la fréquence et de la capacité d'une ligne

La qualité du service offert par une compagnie ferroviaire peut se décomposer en deux éléments: la fréquence offerte et la régularité des trains. Cette dernière dépend du rapport entre la capacité de la ligne et le nombre total de trains qui circulent sur cette ligne. En effet, pour une capacité donnée, le régulateur ou les compagnies peuvent choisir de faire circuler un certain nombre de trains. Plus ce nombre sera important, plus la régularité sera médiocre. Toutefois, selon la qualité des installations techniques dont bénéficie une voie ferrée ou autrement dit selon la capacité de la ligne, la régularité est pour un nombre de circulation donné plus ou moins bonne.

La qualité finale dépend donc de deux décisions: la fréquence de circulation choisie par les firmes présentes sur le marché et le choix de la capacité de la voie.

Nous étudierons successivement et comparerons à l'optimum social deux solutions: la première consistant à laisser entre les mains des firmes la gestion de l'infrastructure et la deuxième laissant le soin à la puissance publique, comme le lui impose le décret du 15 mai 1995, de gérer cette infrastructure; les firmes étant supposées rester maîtresses dans les deux cas du nombre de trains qu'elles affrètent.



A-Gestion privée de l'infrastructure

Soit n firmes faisant circuler chacune en une journée t_i trains sur une ligne dont la capacité est Q . La qualité finale du service de la compagnie i pourrait par exemple s'exprimer par la fonction suivante:

$$Q_i = t_i + 1 - \frac{\sum_{j=1}^n t_j}{Q} = t_i + \left(1 - \frac{T}{Q}\right)$$

Lorsque le nombre total de trains, T , est supérieur à la capacité de la ligne (Q) un effet de saturation se traduit par un effet qualité négatif.

Chaque compagnie pense augmenter la qualité perçue de son produit en multipliant le nombre de trains sur une relation. Elle ne voit mal l'effet pervers de cette multiplication sur la qualité globale de l'exploitation de la ligne.

Le surplus du consommateur θ voyageant avec la compagnie i (payant son voyage P_i) est:

$$U(\theta) = V - P_i + \theta Q_i$$

où V est le surplus brut retiré par le voyage en train, P_i le prix de ce trajet et Q_i la qualité globale du voyage. θ représente la disponibilité à payer pour la qualité.

On considère θ distribué uniformément sur $[\underline{\theta}, \bar{\theta}]$.

Le jeu se déroule en deux étapes: chaque firme annonce le nombre de circulations quotidiennes connaissant la capacité de l'infrastructure avant de fixer le prix de sa prestation.

Déterminons l'équilibre subgame perfect de ce jeu dans le cas du duopole.

Etape 2:

En spécifiant le coût marginal de production de la qualité par $C_i = \frac{1}{2} t_i^2$, on obtient (Shaked-Sutton 1982 ou Tirole 1988):

$$\pi_1 = (Q_1 - Q_2) (\bar{\theta} - \hat{\theta})^2 - \frac{1}{2} C(Q)$$

$$\pi_2 = (Q_1 - Q_2) (\hat{\theta} - \underline{\theta})^2 - \frac{1}{2} C(Q)$$

Avec:

$$Q_1 = t_1 + 1 - \frac{t_1 + t_2}{Q} \quad \text{et} \quad \hat{\theta} = \frac{(t_1 + t_2)}{6} + \frac{(\bar{\theta} + \underline{\theta})}{3}$$

$$Q_2 = t_2 + 1 - \frac{t_1 + t_2}{Q}$$

Ce coût C_i tient à la fois compte de la charge d'accès et du coût de la circulation proprement dite des trains. Le poser convexe revient implicitement à supposer que le coût par passager augmente plus que proportionnellement avec le nombre de trains qu'une firme décide de faire circuler.

Etape 1:

Les deux firmes maximisent leur profit en t_i . La firme affrétant le plus de trains choisit sa fréquence de façon à compenser l'effet coût, négatif, et les effets prix et demande, positifs. En revanche, la deuxième firme voit l'effet demande et l'effet prix agir en sens opposé, de sorte qu'elle aura effectivement intérêt à proposer une fréquence de circulation moins importante que sa concurrente. On obtient:

$$\begin{cases} t_1 = \frac{5}{4}\bar{\theta} - \frac{1}{4}\underline{\theta} \\ t_2 = \frac{5}{4}\underline{\theta} - \frac{1}{4}\bar{\theta} \end{cases}$$

La fréquence totale sur la ligne est: $\bar{\theta} + \underline{\theta}$

Les deux firmes sont présentes sur le marché si: $\hat{\theta} \in [\underline{\theta}, \bar{\theta}]$, ce qui est toujours vrai.

C'est compréhensible dans la mesure où l'hypothèse de l'oligopole naturel n'était pas vérifiée. En effet, t pouvait être élément de l'intervalle $[\underline{\theta}, \bar{\theta}]$. $C'(t)=t$ et le gain marginal de la qualité pour le consommateur θ est θ . En tarifant au coût marginal, la firme trouvera un consommateur pour lequel sa qualité est la qualité optimale. Si bien que cette firme n'aura jamais une part de marché nulle. Cette condition a été mise en évidence par Shaked et Sutton (83) qui cherchaient à montrer que les préférences mêmes des consommateurs peuvent conduire à des structures oligopolistiques sans avoir à invoquer l'existence d'éventuels coûts fixes.

Choix de la capacité de l'infrastructure par les deux firmes:

Les deux profits dépendent négativement de Q . Le terme de qualité dépendant de Q est commun aux deux compagnies. Or, la seule préoccupation des firmes est de se distinguer de l'autre. Il est par conséquent dans l'intérêt d'aucune des deux d'investir dans l'infrastructure. Le Q (Q^*) mis en oeuvre sera donc le Q minimum.

B-Optimum social

Le bien être global est égal à: $W=W_{\text{consommateurs}}+\text{Profits}$ soit:

$\int_{\bar{\theta}}^{\theta} \theta Q_1 d\theta + \int_{\bar{\theta}}^{\hat{\theta}} \theta Q_2 d\theta - C(Q_1) - C(Q_2) - C(Q)$ (1) si le marché n'est pas couvert et

$\int_{\bar{\theta}}^{\theta} \theta Q_1 d\theta + \int_{\bar{\theta}}^{\bar{\theta}} \theta Q_2 d\theta - C(Q_1) - C(Q_2) - C(Q)$ (2) si le marché est couvert.

où:

$\bar{\theta}$ est le paramètre du consommateur indifférent entre consommer et ne pas consommer

Le surplus est évidemment maximum lorsque les deux prix sont tous deux égaux au coût marginal.

Le marché est donc couvert si $\frac{C_1}{Q_1} < \bar{\theta}$, c'est à dire lorsque le rapport coût qualité de la qualité

la plus basse n'excède pas la préférence marginale pour la qualité du consommateur le moins disposé à payer pour la qualité. Nous supposons par la suite que c'est effectivement le cas.

Les deux qualités t_1 et t_2 socialement optimales doivent maximiser le surplus suivant:

$$S = \int_{\bar{\theta}}^{\frac{\Delta C}{\Delta Q}} \theta Q_1 d\theta + \int_{\frac{\Delta C}{\Delta Q}}^{\hat{\theta}} \theta Q_2 d\theta - C_1 \left(\frac{\Delta C}{\Delta Q} - \bar{\theta} \right) - \left(\bar{\theta} - \frac{\Delta C}{\Delta Q} \right) - C(Q)$$

$$\frac{\partial S}{\partial t_2} = \frac{\partial \theta}{\partial t_2} \theta + \frac{\partial \theta}{\partial t_2} (C_2 - C_1) + \int_{\bar{\theta}}^{\hat{\theta}} \theta d\theta - C_2 (\bar{\theta} - \hat{\theta}) - \frac{1}{Q} \int_{\bar{\theta}}^{\bar{\theta}} \theta d\theta$$

La qualité Q_2 doit donc égaliser la préférence moyenne pour la qualité au coût marginal. Soit:

$$C_2 = \frac{\int_{\bar{\theta}}^{\bar{\theta}} \theta d\theta}{(\bar{\theta} - \theta)} \text{ ssi } \frac{\bar{\theta} + \theta}{2} = t_2 - \frac{1}{Q}$$

Les deux qualités sont alors:

$$\begin{cases} t_1^* = \frac{3}{4} \bar{\theta} + \frac{1}{4} \bar{\theta} - \frac{1}{Q} \\ t_2^* = \frac{3}{4} \bar{\theta} + \frac{1}{4} \bar{\theta} - \frac{1}{Q} \end{cases}$$

La fréquence totale est dans ce cas: $\bar{\theta} + \bar{\theta} - \frac{2}{Q}$

Le planificateur choisit les qualités qui minimisent les "coûts de transport" le long du segment des préférences pour la qualité. Contrairement au cas précédent, le régulateur tient compte de la conséquence de la multiplication des trains sur la qualité finale puisqu'il affrète d'autant moins de trains que Q est faible. La première "qualité" est inférieure à t_1 , la deuxième supérieure à t_2 , la différenciation était donc excessive.

La fréquence totale est sur optimale dans le cas où les firmes choisissent librement la fréquence de leurs trains: $\bar{\theta} + \bar{\theta}$ contre $\bar{\theta} + \bar{\theta} - \frac{2}{Q}$ à l'optimum. Cela vient du fait que les firmes sous estiment l'impact négatif, à capacité Q donnée, de l'augmentation du nombre de leurs propres circulations.

C-Gestion de l'infrastructure par le planificateur

On distinguera deux cas selon que le régulateur a la possibilité de fixer le nombre de circulations ou non.

Premier cas:

Le régulateur fixe le nombre de circulations totales et la capacité de la ligne. Il met ainsi en oeuvre la solution optimale. Son objectif est alors:

$$\text{Max}_Q - \int_{\theta}^{\bar{\theta}} \frac{\theta}{Q} d\theta - \int_{\theta}^{\bar{\theta}} \theta \frac{(\bar{\theta} + \theta) - \frac{2}{Q}}{Q} d\theta - C(Q) \quad (\text{P1})$$

Soit Q^* la solution de ce programme.

Deuxième cas:

Si le régulateur ne peut intervenir dans la stratégies des entreprises, se bornant à définir la seule capacité, Q , de la ligne, son objectif est le suivant:

$$\text{Max}_Q - \int_{\theta}^{\bar{\theta}} \theta \frac{(\bar{\theta} + \theta)}{Q} d\theta - C(Q) \quad (\text{P2})$$

Soit $Q^{\text{second rang}}$ la solution de ce programme.

Deux forces, en plus de celles existantes dans le programme P1, agissent en sens opposé dans P2:

-La fréquence totale optimale dépendant positivement de Q , le régulateur a tendance à investir plus que dans P1.

-En revanche, la fréquence totale optimale étant moins importante que dans la situation de laisser faire, le régulateur a tendance à moins investir en capacité.

Toutefois: $Q^{\text{second rang}} > Q^*$: afin de compenser une tendance à faire circuler un nombre important de train, le régulateur sur investit en capacité.

On peut résumer cette partie de la façon suivante:

1) Chaque firme se comporte comme un passager clandestin vis à vis de l'investissement commun: la capacité de l'infrastructure.

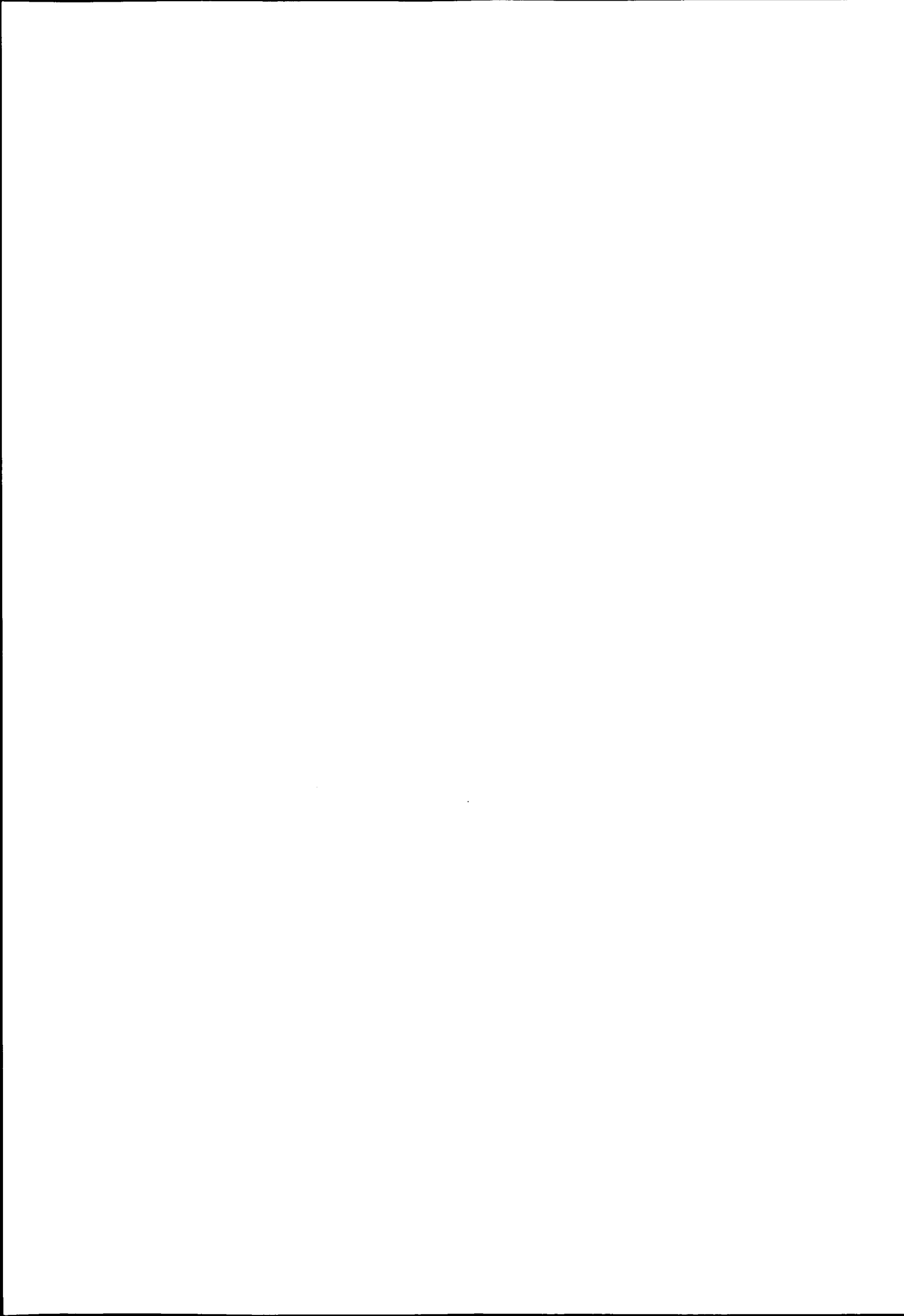
2) Chaque firme ne mesurant pas l'impact réel de l'augmentation de la fréquence sur la qualité du trajet a tendance à faire circuler un nombre excessif de trains.

Première conclusion:

Si la collectivité choisit de laisser les compagnies maîtresses de l'infrastructure qu'elles utilisent, la qualité finale du service risque d'être doublement dégradée et ce du fait des points 1 et 2.

Deuxième conclusion:

Une façon de remédier à cette sous optimalité est de confier les décisions d'investissement au régulateur qui saura compenser la sur fréquence par un investissement en capacité suffisant. Toutefois un double gaspillage de ressources en résulte du fait de la circulation d'un trop grand nombre de trains et d'une infrastructure sur dimensionnée.



2- Concurrence en qualité (en vitesse) et incitation à la coopération.

Cette partie étudie le choix de la vitesse par un opérateur susceptible de rouler plus vite que l'opérateur déjà en place et cherche à montrer que le régulateur a intérêt et peut inciter les deux firmes à choisir en définitive la même vitesse de circulation.

A- Concurrence en qualité

Ce paragraphe détermine la qualité choisie par l'entrant, c'est à dire sa vitesse de circulation sur le réseau, ainsi que les prix d'équilibre.

En supposant que la vitesse de la firme présente sur le marché sert de référence, comme le souligne le schéma de la page 6 tout train circulant à une vitesse supérieure perturbe le graphique des circulations. Le gestionnaire de l'infrastructure tarifiera donc l'accès au réseau d'autant plus cher que la vitesse de circulation est élevée. En d'autres termes, la qualité a un coût pour le concurrent potentiel. De plus, conformément à l'article 3 du décret régissant le fonctionnement du réseau ferré français, un opérateur verticalement intégré doit faire acquitter à sa direction chargée de la circulation des trains une charge d'accès. Ainsi, si f est la fonction représentant la perte d'efficacité de l'infrastructure, f étant une fonction de la vitesse et si a est la charge d'accès fixée par le régulateur, la redevance payée par l'opérateur i faisant circuler ses trains à la vitesse Q_i sera égale à $f(Q_i)$. Dans la mesure où l'on ne précise pas le nombre de trains affrétés par chaque entreprise, on suppose que la redevance totale est proportionnelle à la demande.

Le jeu se déroule en trois étapes.

Au cours de la première, le gestionnaire de l'infrastructure fixe la charge d'accès de base a . Ensuite, dans une deuxième étape, l'opérateur qui est en mesure de rouler plus vite que son concurrent déjà en place ne disposant pas d'une technologie aussi performante, choisit sa vitesse de circulation ou autrement dit sa qualité de service. Enfin, les deux entreprises ferroviaires définissent leur prix à la troisième étape.

Le surplus d'un consommateur ayant une préférence pour la qualité θ voyageant au prix P et utilisant un train d'une qualité Q retire de son trajet le surplus suivant:

$$\begin{cases} U(\theta, Q, P) = \theta Q - P & \text{si } U \geq \theta \\ U(\theta, Q, P) = \theta & \text{sinon} \end{cases}$$

Le surplus de réservation (utilité que le consommateur obtiendra de toutes façons même s'il ne voyage pas en train) est propre à chaque consommateur et dépend de sa disponibilité à payer pour la qualité: un consommateur très sensible à la qualité voyagera en avion s'il décide de renoncer au train et retirera donc une utilité élevée de son trajet.

Les consommateurs sont répartis uniformément sur l'intervalle

On suppose que la fonction f est linéaire et de la forme $f(Q)=aQ$. Si a est nul la charge d'accès est indépendante de la qualité.

Appelons:

$\tilde{\theta}$ le consommateur indifférent entre consommer la qualité haute et ne pas consommer

$\bar{\theta}$ le consommateur indifférent entre consommer la qualité basse et ne pas consommer

$\hat{\theta}$ le consommateur indifférent entre consommer la qualité haute et la qualité basse

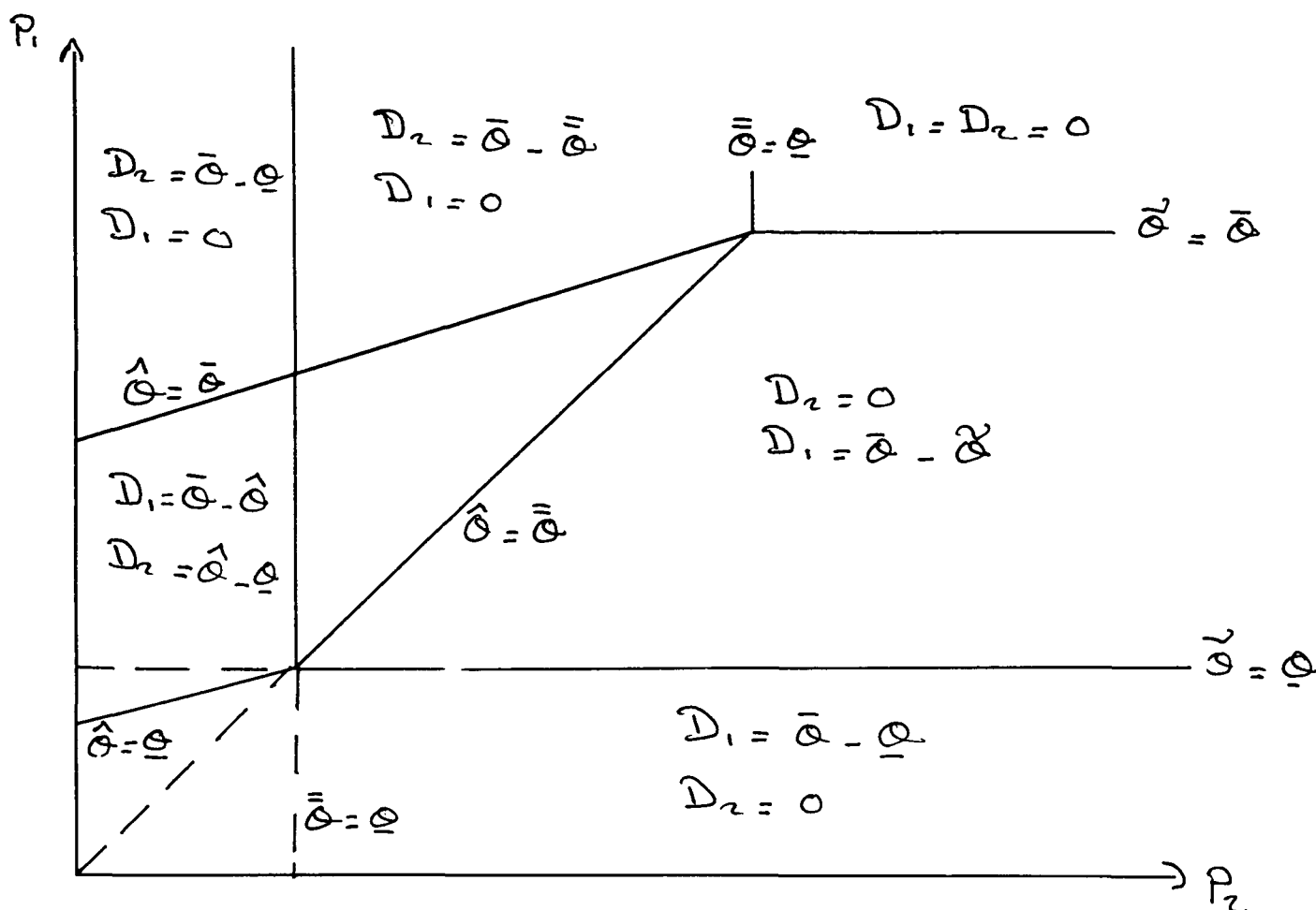
En appelant Q_1 la qualité la plus élevée:

$$\hat{\theta} = \frac{P_1 - P_2}{Q_1 - Q_2} \quad \tilde{\theta} = \frac{P_1}{Q_1 - 1} \quad \bar{\theta} = \frac{P_2}{Q_2 - 1}$$

Sept cas de figure se présentent a priori:

- Marché non couvert $\bar{\theta}$ et $\hat{\theta}$ sont supérieurs à $\tilde{\theta}$
- Monopole de la qualité basse (qualité 2) et marché non couvert $\tilde{\theta} > \bar{\theta}$ et $\bar{\theta} \in [\underline{\theta}, \tilde{\theta}]$
- Monopole de la qualité 2 et marché couvert $\tilde{\theta} > \bar{\theta}$ et $\bar{\theta} < \underline{\theta}$
- Monopole de la qualité haute (qualité 1) et marché non couvert $\bar{\theta} > \tilde{\theta}$ et $\hat{\theta} > \underline{\theta}$
- Monopole de la qualité 1 et marché couvert $\bar{\theta} > \tilde{\theta}$ et $\hat{\theta} < \underline{\theta}$ ou $\bar{\theta} < \tilde{\theta}$ et $\tilde{\theta} < \underline{\theta}$
- Duopole et marché non couvert $\bar{\theta} > \tilde{\theta}$, et $\bar{\theta} < \underline{\theta}$
- Duopole et marché couvert $\bar{\theta} < \tilde{\theta}$, $\bar{\theta} < \underline{\theta}$ et $\tilde{\theta} \in [\underline{\theta}, \bar{\theta}]$

On obtient alors le zonage représenté ci-dessous. On vérifie aisément que les fonctions de demande sont continues.



Les cas de figure a, b et c ne peuvent se présenter. On supposera en effet θ suffisamment faible par rapport à l'intervalle des préférences des consommateurs de sorte que le consommateur θ préfère toujours la qualité 1 à la qualité 2 lorsqu'elles sont toutes les deux vendues à leur coût marginal ($\theta > a$). De même, supposons que la firme 2 couvre tout le marché, la firme 1 en vendant son produit à son coût marginal aQ_1 parvient à capter la partie supérieure du marché ($\theta Q_2 - aQ_2 < \theta Q_1 - aQ_1$).

Exprimons les fonctions de demande puis de profit des deux agents dans les différents cas de figure.

La fonction de meilleure réponse de la firme 1 est, quel que soit le cas:

$$P_1(P_2) = \frac{aQ_1 + \bar{\theta}(Q_1 - Q_2) + P_2}{2}$$

A-Duopole couvert

$$\begin{cases} D_1(P_1, P_2) = \bar{\theta} - \hat{\theta} \\ D_2(P_1, P_2) = \hat{\theta} - \underline{\theta} \end{cases} \quad \begin{cases} \Pi_1(P_1, P_2) = (\bar{\theta} - \hat{\theta})(P_1 - aQ_1) \\ \Pi_2(P_1, P_2) = (\hat{\theta} - \underline{\theta})(P_2 - aQ_2) \end{cases}$$

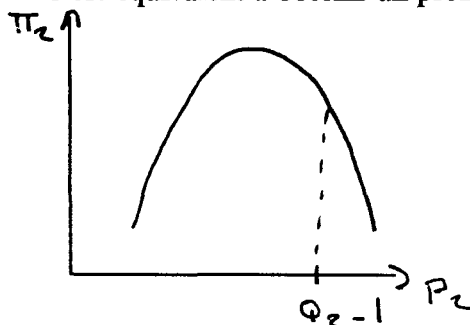
Les candidats à l'équilibre de Nash en prix sont alors:

$$\begin{cases} P_1 = \frac{(2\bar{\theta} - \underline{\theta})(Q_1 - Q_2)}{3} + \frac{(2Q_1 + Q_2)a}{3} > aQ_1 \\ P_2 = \frac{(\bar{\theta} - 2\underline{\theta})(Q_1 - Q_2)}{3} + \frac{(2Q_2 + Q_1)a}{3} > aQ_2 \end{cases}$$

Toutefois P_2 ne doit pas excéder $Q_2 - 1$ soit la condition suivante:

$$\bar{\theta} < \underline{\theta} \left[\frac{3(Q_1 - 1)}{Q_1 - Q_2} + 1 \right] - a \frac{Q_1(Q_2 - 1) + 2Q_2(Q_1 - 1)}{(Q_1 - Q_2)(Q_2 - 1)} \quad (1)$$

C'est équivalent à obtenir un profit de F2 de la configuration suivante en $Q_2 - 1$:



B-Duopole non couvert

$$\begin{cases} D_1(P_1, P_2) = \bar{\theta} - \hat{\theta} \\ D_2(P_1, P_2) = \hat{\theta} - \underline{\theta} \end{cases} \quad \begin{cases} \Pi_1(P_1, P_2) = (\bar{\theta} - \hat{\theta})(P_1 - aQ_1) \\ \Pi_2(P_1, P_2) = (\hat{\theta} - \underline{\theta})(P_2 - aQ_2) \end{cases}$$

On détermine de la même façon les candidats à l'équilibre en prix:

$$\begin{cases} P_1 = \frac{2(Q_1 - Q_2)(Q_1 - 1)\bar{\theta} + a(Q_1 - 1)(2Q_1 + Q_2)}{4Q_1 - 3 - Q_2} \\ P_2 = \frac{(Q_1 - Q_2)(Q_2 - 1)\bar{\theta} + a(Q_1(Q_2 - 1) + 2Q_2(Q_1 - 1))}{4Q_1 - 3 - Q_2} \end{cases}$$

Vérifions que ces deux prix sont supérieurs aux coûts respectifs aQ_1 et aQ_2 .

$$\begin{cases} P_1 - aQ_1 = \frac{(Q_1 - Q_2)(2\bar{\theta} - a)}{4Q_1 - 3 - Q_2} \\ P_2 - aQ_2 = \frac{(\bar{\theta}(Q_2 - 1) - a)}{4Q_1 - 3 - Q_2} \end{cases}$$

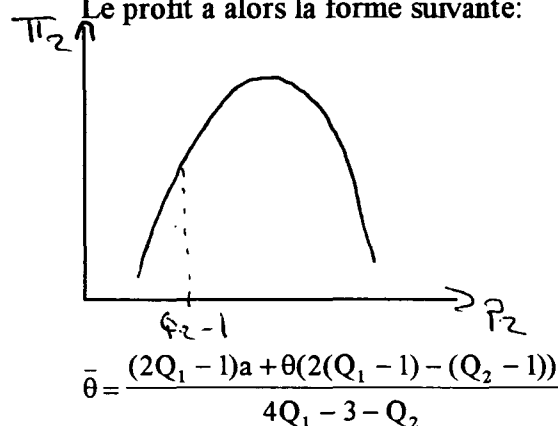
Pour une charge d'accès, a , suffisamment faible, les prix corrigés des coûts sont positifs.

Pour un tel P_2 , le consommateur θ doit préférer ne pas consommer plutôt que de consommer la qualité 2, d'où la condition que doit vérifier P_2 :

$P_2 < (Q_2 - 1)\theta$ soit:

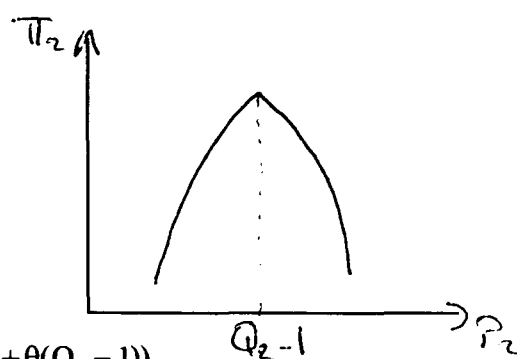
$$\bar{\theta} > \theta \left[\frac{2Q_1 + 2Q_2 - 3}{Q_1 - Q_2} \right] - a \frac{2Q_2 + Q_1}{(Q_1 - Q_2)} \quad (2)$$

Le profit a alors la forme suivante:



Les conditions ne sont pas mutuellement exclusives. Il existe des intervalles pour lesquels l'économie n'est ni strictement en duopole couvert ni en duopole non couvert. Une configuration en coin se présente comme indiqué sur le schéma.

C-Solution en coin



$$P_1^* = \frac{1}{2}(aQ_1 + \bar{\theta}(Q_1 - Q_2) + \underline{\theta}(Q_2 - 1))$$

$$P_2^* = \underline{\theta}(Q_2 - 1)$$

On vérifie aisément que si les deux conditions dictées par les inégalités (1) et (2) sont vérifiées, alors la firme 2 n'a aucun intérêt à dévier en augmentant ou en baissant son prix.

On a en effet:

$$\frac{\partial \Pi_2}{\partial P_2}(P_1^*, P_2^*) < 0 \text{ pour un profit de la forme de celui de F2 quand le marché n'est pas}$$

couvert

$$\frac{\partial \Pi_2}{\partial P_2}(P_1^*, P_2^*) > 0 \text{ pour un profit de la forme de celui de F2 quand le marché est couvert.}$$

D-Monopole de F1:

$$\begin{cases} D_1(P_1, P_2) = \bar{\theta} - \hat{\theta} \\ \Pi_1(P_1, P_2) = (\bar{\theta} - \hat{\theta})(P_1 - aQ_1) \end{cases}$$

Supposons un instant que la firme 1 a intérêt à être très agressive et cherche à pousser hors du marché la firme 2. Cette dernière peut pour contrer la firme 1 baisser son prix jusqu'au coût marginal de production soit aQ_2 . Le consommateur θ dont la préférence pour la qualité est la

moins forte préfère consommer le bien de qualité Q_2 au prix aQ_2 si $\theta > a \frac{Q_2}{Q_2 - 1}$. Supposons

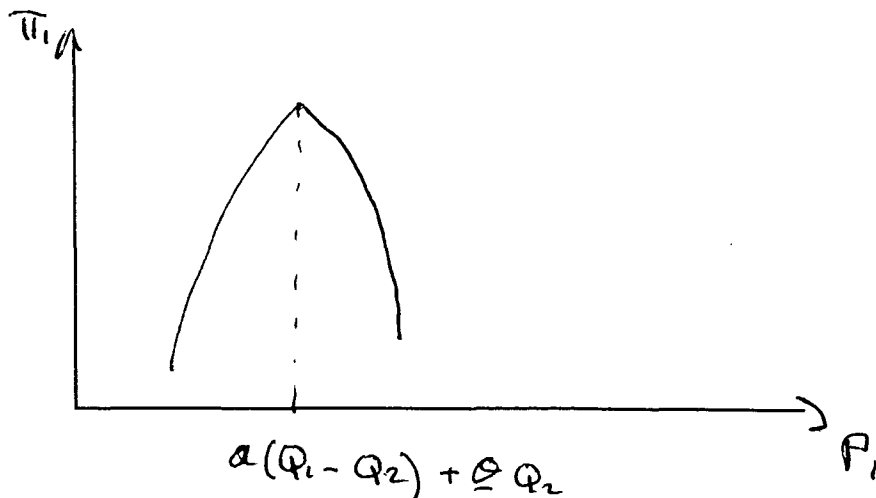
une telle inégalité vraie. Afin d'être en monopole, La firme 1 doit parvenir à convaincre le consommateur θ à consommer son propre bien au prix P_1 plutôt que le bien de qualité Q_2 au prix aQ_2 . Pour cela il suffit que:

$$P_1 \leq a(Q_1 - Q_2) + \underline{\theta}Q_2$$

On vérifie que $a(Q_1 - Q_2) + \underline{\theta}Q_2 < aQ_1$ si $a < \underline{\theta}$. Cette inégalité est vraie par hypothèse.

Par conséquent, La firme proposant la meilleure qualité souhaitera effectivement vendre son produit à un tel prix si toute déviation unilatérale de sa part n'est pas profitable. En d'autres termes, il faut vérifier qu'elle ne préfère pas laisser entrer le concurrent. Elle n'adoptera une telle attitude que si la dérivé de son profit de duopole en $a(Q_1 - Q_2) + \underline{\theta}Q_2$ est positive. La condition requise est alors:

$$-\frac{1}{\Delta}(\theta\Delta - a\Delta) + b - \frac{\theta\Delta + aQ_2 - P_2}{\Delta} > 0 \text{ ssi } \bar{\theta} > 2\underline{\theta} - a$$



Le tableau ci-dessous résume les différentes configurations de marché qui peuvent se présenter.

$\bar{\theta} <$		$2\bar{\theta} - a$	Droite 2	Droite 3
Configuration	Monopole contraint de F1	Duopole couvert	Solution en coin	Duopole non couvert
Ordonnée à l'origine	(1)=a/2	(2)= $a \frac{2Q_2 + Q_1}{2Q_1 + Q_2 - 3}$	(3)= $a \frac{Q_1(Q_2 - 1) + 2Q_2(Q_1 - 1)}{(4Q_1 - 3 - Q_2)(Q_2 - 1)}$	
Profit à l'équilibre	Π_1^M Π_2^M	Π_1^{DC} Π_2^{DC}	Π_1^{Coin} Π_2^{Coin}	Π_1^{DNC} Π_2^{DNC}

Droite 2:

$$\bar{\theta} = \bar{\theta} \left[\frac{3(Q_1 - 1)}{Q_1 - Q_2} + 1 \right] - a \frac{Q_1(Q_2 - 1) + 2Q_2(Q_1 - 1)}{(Q_1 - Q_2)(Q_2 - 1)}$$

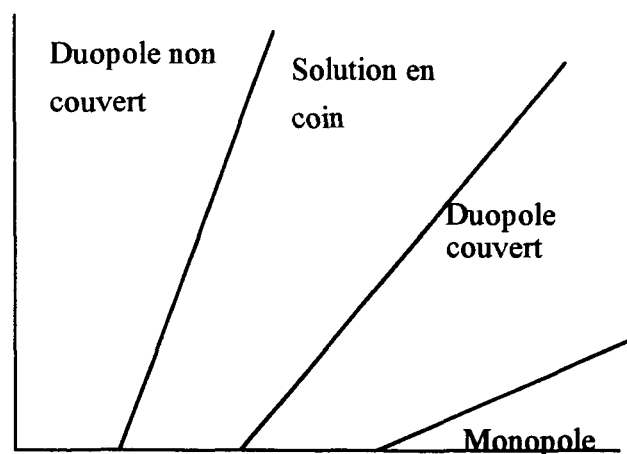
Droite 3:

$$\bar{\theta} = \bar{\theta} \left[\frac{2Q_1 + Q_2 - 3}{Q_1 - Q_2} \right] - a \frac{2Q_2 + Q_1}{(Q_1 - Q_2)}$$

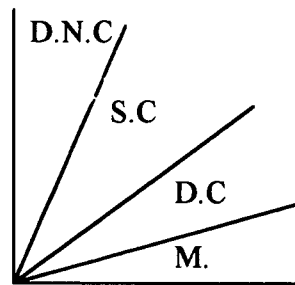
Pour Q_1 suffisamment élevé on a (1)>(2)>(3). Les pentes sont rangées dans l'ordre inverse.

On a donc le régionnement suivant:

Graphique A: cas de figure rencontré selon l'amplitude du marché



Lorsque le paramètre a est nul, le régionnement devient sans équivoque:



Ce dernier cas signifie que le régulateur pratique une tarification d'accès à l'infrastructure ne pénalisant pas la qualité.

Si le marché a une faible préférence pour la qualité mais que les préférences sont relativement homogènes, ce type de politique tarifaire permet au monopole contraint d'émerger dans un nombre de situations maximal. Du fait de la menace d'entrée de l'autre firme, le marché est couvert. Ce cas de figure est donc optimal: le marché est couvert et seule la meilleure qualité est présente sur le marché.

PROFITS A L'EQUILIBRE EN PRIX:

Monopole:

$$\Pi_S^M = Q_2(\underline{\theta} - a)(\bar{\theta} - \underline{\theta})$$

Duopole couvert:

$$\Pi_S^{DC} = \frac{(2\bar{\theta} - \underline{\theta})}{9}(2\bar{\theta} - \underline{\theta} - a)(Q_1 - Q_2)$$

$$\Pi_1^{DC} = \frac{(\bar{\theta} - 2\underline{\theta})}{9}(\bar{\theta} - 2\underline{\theta} - a)(Q_1 - Q_2)$$

Solution en coin:

$$\Pi_S^C = \frac{1}{4(Q_1 - Q_2)} [Q_1(\bar{\theta} - a) - Q_2\bar{\theta}(Q_2 - 1)]^2$$

Duopole non couvert:

$$\Pi_s^{DNC} = \frac{(2\bar{\theta}Q_1 - a(2Q_1 - 1))(2\bar{\theta} - a)}{(4Q_1 - 3 - Q_2)^2}$$

Choix de la qualité

Dans une deuxième étape l'entrant potentiel, la firme 1, choisit la qualité de service qu'il juge optimal étant donné la répercussion de ce choix sur la concurrence en prix. En d'autres termes, la firme 1 établit Q_1 de façon à maximiser son profit dans les différents cas de figure.

D'une façon générale, le profit de l'opérateur 1 s'écrit:

$$(\bar{\theta} - \theta)(P_1 - aQ_1) \text{ d'où: } \frac{\partial \Pi}{\partial Q_1} = -\frac{\partial \theta}{\partial Q_1} + \left(\frac{\partial P_1}{\partial Q_1} - a \right) (\bar{\theta} - \theta)$$

L'effet d'une augmentation de la qualité se décompose en un effet sur la demande, un effet sur le prix et un effet coût toujours négatif. C'est la combinaison de ces trois effets qui va inciter la firme à augmenter ou au contraire à diminuer sa qualité.

Premier cas : le monopole contraint

Le profit est indépendant de la qualité.

Deuxième cas: le duopole couvert

$$\frac{\partial P_1}{\partial Q_1} - a = \frac{2\bar{\theta} - \theta}{3} - \frac{1}{3}a > 0 \text{ et } -\frac{\partial \theta}{\partial Q_1} = \frac{\bar{\theta} + \theta + a}{3}$$

Les deux effets vont dans le même sens.

L'augmentation de la qualité permet de vendre le bien plus cher et l'augmentation de cette qualité permet de drainer une clientèle encore plus importante.

D'où $Q_1^* = Q^{\max}$.

Troisième cas: solution en coin

$$\theta = \frac{aQ_1 - \theta(Q_1 - 1)}{2(Q_1 - Q_2)} + \frac{\bar{\theta}}{2} \text{ d'où, } \frac{\partial \Pi}{\partial Q_1} = a \left(-\frac{Q_2}{(Q_1 - Q_2)^2} - \frac{1}{2} \right) + \frac{\theta(Q_2 - 1)}{(Q_1 - Q_2)^2} + \bar{\theta}$$

Pour a suffisamment petit, la firme choisit de vendre la qualité la plus élevée possible

Quatrième cas: le duopole non couvert

$$\frac{\partial(P_1 - a)}{\partial Q_1} = \frac{(2\bar{\theta} - a)3(Q_2 - 1)}{(4Q_1 - 3 - Q_2)} > 0 \quad \frac{\partial\theta}{\partial Q_1} \text{ a le signe de } 2\bar{\theta}(Q_2 - 1) - 2a(1 + Q_2) > 0$$

Le régionallement final pertinent est par conséquent le graphique A représenté pour $Q_1 = Q^{\max}$.

En effet, quelle que soit la qualité choisie, l'équilibre en prix correspondant conduit la firme S à choisir en deuxième étape la qualité Q_1 la plus élevée. On posera donc: $Q_1 = \bar{Q}$ et $Q_2 = \underline{Q}$.

Optimum social

L'objectif d'un planificateur est sensiblement le même que celui décrit par l'expression (1) et (2). En explicitant la fonction de coût les prix optimaux sont alors:

$$P_1 = aQ_1 \text{ et } P_2 = aQ_2$$

On trouve $\theta = \bar{\theta} = a$. Le consommateur indifférent aux deux qualités et le consommateur indifférent à ne pas consommer ou à consommer la qualité de base coïncident dans la mesure où la différence des coûts marginaux est proportionnelle à la différence de qualité. Le surcroît de qualité ne procure donc pas un rapport qualité prix supplémentaire.

En supposant $a < \bar{\theta}$, le surplus total devient:

$$S = \int_{\underline{\theta}}^{\bar{\theta}} \theta Q_2 d\theta - aQ_2(\bar{\theta} - a). \quad \frac{\partial S}{\partial Q_2} = \frac{1}{2}(\bar{\theta} - a)^2$$

Le planificateur préconise donc la mise en oeuvre d'une seule qualité, la plus élevée possible. Ce résultat est directement lié au fait que le coût unitaire est linéaire en la vitesse et non pas quadratique. Dans ce dernier cas, un arbitrage conduit le planificateur à choisir une qualité intermédiaire.

Solution coopérative

Les deux firmes ont la possibilité d'adopter la même vitesse et par conséquent d'exploiter la ligne en commun. S'instaure alors une négociation pour le partage du profit. En cas de rupture

des négociations, chaque firme pénètre sur le réseau avec sa propre technologie, sa vitesse d'origine. Les profits de rupture sont donc les gains calculés précédemment. Le profit maximum que peut faire le cartel est le profit de monopole.

Monopole

Supposons que le monopole offrant la qualité Q ne couvre pas tout le marché, son profit est alors: $\left(\bar{\theta} - \frac{P}{Q-1}\right)(P-a)$. Le coût marginal est a et non plus aQ puisqu'une seule vitesse étant sur le réseau, le régulateur n'a plus de raison d'indiquer la redevance totale sur la vitesse.

Après maximisation par rapport à P , $P^* = \frac{\bar{\theta}(Q-1) + a}{2}$ et $D^* = \frac{\bar{\theta}}{2} - \frac{a}{2(Q-1)}$. Le marché n'est effectivement pas couvert si $\bar{\theta} > 2\frac{a}{Q-1}$

On trouve alors:

$$\Pi_{\text{monopole}} = \frac{[\bar{\theta}(Q-1) - a]^2}{4(Q-1)}$$

PROGRAMME DE NASH

On modélisera la négociation entre les deux firmes au moyen du programme de Nash qui résume une négociation en plusieurs étapes au cours desquelles chaque firme fait une proposition à tour de rôle (voir démonstration en annexe 1, Myerson 1994). On suppose le pouvoir de négociation des deux firmes identique.

La solution de la négociation entre les deux opérateurs est donc la solution du programme suivant:

$$\text{Max}_{\pi_1, \pi_2} (\pi_1 - \pi_1^r)(\pi_2 - \pi_2^r)$$

sc

$$\pi_1 + \pi_2 < \Pi^M(Q)$$

où Π^M désigne le profit de monopole et Q la qualité choisie d'un commun accord par les deux firmes.

Q n'est pas exactement égal au \underline{Q} ou au \bar{Q} précédents. En effet la coopération des deux firmes conduit à une homogénéisation des vitesses de circulation si bien que l'exploitation du réseau est facilitée et la fréquence des trains peut augmenter. Il s'ensuit une augmentation de la qualité pour une même vitesse par rapport à une situation où les firmes ne coopèrent pas.

Profits issus de la situation coopérative:

$$\begin{cases} \Pi_s^c(Q) = \frac{\Pi^M(Q) + \Pi_s^{DC} - \Pi_I^{DC}}{2} \\ \Pi_I^c(Q) = \frac{\Pi^M(Q) - \Pi_s^{DC} + \Pi_I^{DC}}{2} \end{cases}$$

Résumons dans un tableau les gains des deux firmes F1 (désignée par la suite par S comme supérieure) et F2 (ou I comme Inférieure) selon les vitesses adoptées.

I/S	Rapide	Lent
Lent	Π_I^*, Π_s^*	$\underline{\Pi}_I^*, \underline{\Pi}_s^*$
Rapide	$\bar{\Pi}_I^*, \bar{\Pi}_s^*$	0, 0

Π_I^* et Π_s^* désignent les profits à l'équilibre définis précédemment.

$\underline{\Pi}_I^*$ et $\underline{\Pi}_s^*$ représentent les profits issus de la coopération des deux firmes lorsque les deux entreprises se mettent d'accord pour rouler toutes deux à vitesse réduite. $\underline{\Pi}_I^* = \Pi_I^c(Q)$ et $\underline{\Pi}_s^* = \Pi_s^c(Q)$. On désigne de la même façon $\bar{\Pi}_I^*$ et $\bar{\Pi}_s^*$ quand les deux opérateurs décident d'adopter la technologie haut de gamme. $\bar{\Pi}_I^* = \Pi_I^c(\bar{Q}) - T$ et $\bar{\Pi}_s^* = \Pi_s^c(\bar{Q})$. T est le transfert technologique que doit acquitter la firme ne disposant pas initialement de la technologie de pointe pour faire circuler les trains à la vitesse la plus élevée.

Les deux cas ont un intérêt car, si le profit de monopole est supérieur lorsque Q est adoptée, l'opérateur I subit alors un coût fixe T; il préférera certainement voir adopter Q. Au contraire S a tout intérêt à imposer Q.

Par soucis de simplification, plaçons nous dans le cas où $\bar{\theta} < 2\underline{\theta} - a$. Seules les situations de duopole couvert et de monopole non couvert, en cas de coopération, se présentent.

Examinons les configurations dans lesquelles les deux firmes préfèrent voir adopter une même vitesse. Les firmes souhaitent coopérer si et seulement si:

$$\begin{aligned} \Pi_I^*(\bar{Q}) > \Pi_I^{DC} \quad \Pi_I^M(\bar{Q}) > \Pi_s^{DC} + \Pi_I^{DC} + T \quad (3) \\ \Pi_s^*(Q) > \Pi_s^{DC} \quad \text{ssi} \quad \Pi_I^M(Q) > \Pi_s^{DC} + \Pi_I^{DC} \end{aligned}$$

L'inégalité (3) s'écrit:

$$\frac{(\bar{\theta}(Q-1)-a)^2}{4(Q-1)} = \frac{\bar{Q}-Q_2}{9} [(2\bar{\theta}-\underline{\theta})^2 + (\bar{\theta}-2\underline{\theta})^2 - 3a(\bar{\theta}+\underline{\theta})]$$

Pour Q suffisamment important une telle inégalité est vérifiée. Par conséquent la contrainte (3), moins restreignante pour T faible, est également vérifiée.

Ainsi afin que les deux compagnies profitent de la coopération, le gain en qualité dû à une meilleure exploitation de la ligne doit être substantiel. Or, dans le cas d'une ligne proche de la saturation, il est possible que l'homogénéité des vitesses permettent d'abaisser le seuil de saturation et donc permette effectivement d'offrir une nette amélioration de la qualité. On peut estimer que cette amélioration de qualité est suffisante pour compenser la perte de surplus due à la tarification de monopole si bien qu'il est socialement intéressant de rechercher à mettre en oeuvre cette coopération.

B-Incitation à la coopération

L'avantage pour les firmes de choisir deux vitesses de circulation différentes ou dans les termes de l'économie des réseaux, deux standards incompatibles est de relâcher la concurrence en prix. Farrell et Saloner (94) soulignent à cet effet que l'incitation des firmes à coopérer et à choisir un même standard sera donc d'autant plus grande que les entreprises trouveront d'autres moyens d'assouplir la concurrence en prix que la différenciation par les standards. Ils mettent ainsi en évidence trois configurations possibles. La première configuration voit les deux entreprises souhaiter conserver chacune leur propre standard. Dans la deuxième, les deux firmes souhaitent coopérer mais chacune a une préférence quant au standard à adopter. Enfin, la troisième configuration se caractérise par une firme qui recherche la compatibilité avec sa concurrente alors que cette dernière s'y refuse.

Dans le cas étudié on suppose que lorsque les deux firmes décident d'un commun accord de rouler à la même vitesse, elles peuvent se partager le profit global de monopole. Par conséquent, si ce dernier est suffisamment important, la deuxième configuration se présente. Au contraire si tout partage du monopole est interdit et si le régulateur impose une concurrence en prix entre les firmes, c'est une concurrence à la Bertrand qui prévaut réduisant du même coup le profit des deux opérateurs à néant; le marché se trouve dans la première configuration¹. Enfin, la troisième configuration se présente si le gain de qualité en cas d'adoption d'un même standard est insuffisant pour inciter la firme S à accepter la coopération mais suffisant pour que la firme I souhaite coopérer.

¹Il est possible d'introduire une différenciation mixte (Neven et Thisse (89)), si bien qu'en cas d'homogénéisation des qualités, les firmes ont toujours la possibilité de jouer sur l'axe horizontal.

Pour certains paramètres, le marché se trouve donc dans une situation de type bataille des sexes (configuration 1). Deux façons existent alors pour inciter les firmes à coopérer. Soit le gestionnaire de l'infrastructure n'intervient pas et laisse le marché agir à sa guise, soit il met sur pied une instance au sein de laquelle les deux firmes ont la possibilité de se rencontrer pour tenter de se mettre d'accord sur un même standard et en l'occurrence sur une vitesse de circulation. Farrell et Saloner (1988) comparent les deux solutions dans une situation quasi analogue. Les deux auteurs montrent que même lorsque les deux agents souhaitent entrer sur le marché au plus vite la solution consistant à mettre en place un comité de négociation est préférable à laisser le marché se réguler seul. Toutefois, il existe une méthode qui surclasse les deux précédentes. Elle revient à multiplier les opportunités d'accord en combinant comme moyen de coordination le marché et le comité de négociation.

La matrice des gains du jeu simplifié est la suivante:

I/S	Lent	Rapide
Lent	A,B	C,D
Rapide	0,0	E,F

Profits	
C	Π^*_I
D	Π^*_I
A	$\underline{\underline{\Pi}}^*_I$
B	$\underline{\underline{\Pi}}^*_S$
E	$\overline{\overline{\Pi}}^*_I$
F	$\overline{\overline{\Pi}}^*_S$

On a par conséquent: $A > C$, $F > D$, $B > D$ et $C < E$.

Le terme $A-C$ désigne le gain de la coopération pour la firme I.

A-Solution non coopérative

Examinons l'équilibre de Nash en stratégie mixte du jeu en appelant p la probabilité que chaque joueur consente à adopter le standards du concurrent.

p_S doit être telle que le joueur S soit indifférent à adopter l'une ou l'autre vitesse soit telle que:

$$Ap_S + C(1-p_S) = E(1-p_S) \text{ ssi } p_S = \frac{E - C}{A - C + E}. \text{ De la même façon, } p_I = \frac{B - D}{F - D + D}.$$

On remarque que p est bien compris entre 0 et 1. De plus sans que cela soit certain, $E-C-A$ est parfois négatif de sorte que p est inférieure à $1/2$. Autrement dit, la solution non coopérative revient à adopter son propre standard avec une probabilité élevée. Les espérances de profit sont les suivantes :

$$V_S = \frac{A(B-D)}{F-D+D} \text{ et } V_I = \frac{AE}{A-C+E}$$

Notons que $V_I < E$ et $V_S < B$. En d'autres termes, le marché ne permet à aucune des deux firmes de réaliser comme profit moyen ce qui est a priori à sa portée si elle choisissait de coopérer avec la firme concurrente. Toutefois un tel résultat est tout à fait compréhensible dans la mesure où le désaccord total a seulement une probabilité non nulle de survenir. La coordination des deux agents sur un standard peut aussi survenir ce qui procure un profit maximum à l'une des deux firmes.

B-Comité de négociation

Supposons que les deux firmes ont n occasions de s'entendre au sein du comité. Au cours d'une période, chaque agent a deux possibilités. Soit il accepte le choix de son concurrent soit il est intransigeant et souhaite voir adopter son propre standard. Dans les deux cas de figure où un agent est conciliant alors que l'autre ne l'est pas, le jeu s'arrête et la vitesse de l'agent intransigeant est adoptée par les deux firmes. Dans les deux autres cas, les deux agents se retrouvent à la période suivante pour une nouvelle séance de négociation. On peut résumer une étape du jeu avec une matrice ayant la même structure que précédemment :

I/S	Lent	Rapide
Lent	A,B	$V_I(n-1), V_S(n-1)$
Rapide	$V_I(n-1), V_S(n-1)$	E,F

On démontre aisément par récurrence que V_S et V_I sont respectivement supérieurs à A et B .

L'ensemble des démonstrations sont uniquement faites pour le joueur I. On omettra par conséquent le I de $V_I(n)$.

Grâce au même raisonnement que pour le jeu précédent, on a les deux égalités suivantes :

$$V(n) = p(n)A + (1-p(n))V(n-1)$$

$$V(n) = p(n)V(n-1) + (1-p(n))E$$

On déduit de la deuxième égalité que la suite V est croissante ou autrement dit que plus le nombre de parties est important, plus les gains espérés sont élevés et que V est inférieur à E . La suite V est croissante et majorée, elle est donc convergente. Soit V^* sa limite. $V^* = E$.

La première égalité permet de calculer $p(n)$: $p(n) = \frac{V(n) - V(n-1)}{A - V(n-1)}$, $p^* = 0$. Lorsqu'il reste encore une infinité d'occasions pour se mettre d'accord aucun des deux agents ne fait de concession ($p^* = 0$), puis au fur et à mesure que les négociations avancent, la probabilité de céder augmente. On remarque également qu'en moyenne chaque firme obtient ce qu'elle aurait obtenu en coopérant.

C-Le marché comme instrument de régulation sur plusieurs périodes

Contrairement à la négociation en comité, même si les deux firmes s'engagent sur des standards différents, ces derniers sont mis en oeuvre et le jeu s'arrête. C'est la différence essentielle qui est à l'origine de l'écart de gains avec le jeu de négociation en comité. En revanche, les firmes ont la possibilité d'attendre avant de décider d'entrer sur le marché avec une vitesse définie. Soit $W(n)$ le gain espéré du jeu lorsqu'il reste n périodes à jouer. La matrice de gains est alors la suivante:

I/S	Attend	S'engage sur rapide
S'engage sur lent	A, B	C, D
Attend	$W_I(n-1), W_S(n-1)$	E, F

En utilisant les mêmes remarques que dans le jeu en comité, on obtient les relations fondamentales suivantes:

$$W(n) = q(n)A + (1-q(n))C = q(n)W(n-1) + (1-q(n))E$$

La deuxième partie de l'égalité permet d'établir la croissance de $W(n)$ alors que la première montre la croissance de $q(n)$. On montre aisément par récurrence que $W(n)$ est inférieur à E . W est donc convergente et de limite W^* .

$$W^* = q^*A + (1-q^*)C = q^*W^* + (1-q^*)E \text{ d'où: } W^* = E \text{ et } q^* = \frac{E - C}{A - C}$$

En moyenne les performances des deux modes de coordination sont équivalentes. En revanche, lorsque le marché gouverne, la coordination des deux firmes a tendance à être probable plus vite que dans la solution de comité. C'est compréhensible dans la mesure où une erreur de coordination dans un comité est nettement moins préjudiciable puisqu'elle n'est pas irréversible.

Il semble toutefois indispensable de comparer les deux modes de régulation lorsque le nombre de périodes est fini est lorsque l'attente a un coût.

D-Comparaison du marché et du comité lorsque les agents se rencontrent un nombre fini de fois

Que la solution de marché ou que le comité de coordination soit retenu, les deux firmes ont dans chaque cas deux stratégies:

-Elles peuvent être conciliantes. Traduction: elles attendent avant de décider quoi que ce soit dans le cas du marché, elles acceptent d'adopter le standard adverse dans le comité.

-Elles peuvent être intransigeantes en adoptant ou en se prononçant pour leur propre standard selon le cas.

On peut ainsi résumer les deux jeux avec une même matrice:

I/S	Conciliant	Intransigeant
Intransigeant	A', B'	C', D'
Conciliant	E', F'	G', H'

Afin de mettre en évidence la supériorité de la solution de comité sur le marché, il suffit de montrer que les gains moyens des joueurs croissent avec d'une part F' et E' et d'autre part C' et D' . Supposons que le joueur S joue Conciliant avec la probabilité p . Si p augmente quand E' augmente, I a intérêt à jouer Intransigeant puisque $A' > C'$ et obtient de ce fait un gain supérieur. Si au contraire, p baisse quand E' augmente, I joue Conciliant.

De plus, $V(n) > C$

On démontre alors par récurrence que $V(n) > W(n)$ puisque $C' = C$ dans le cas du marché et $C' = V(n)$ dans le cas du comité.

Le marché est bien moins efficace que le comité de négociation.

E-Introduction d'un taux d'escompte

En reprenant les notations de la partie précédente et en appelant δ le taux d'escompte des deux joueurs

($\delta < 1$), on peut résumer les deux jeux par les tableaux suivants:

Coordination par le marché:

I/S	Conciliant	Intransigeant
Intransigeant	A, B	C, D
Conciliant	$\delta U, \delta U'$	E, F

Coordination par le comité de négociation

I/S	Conciliant	Intransigeant
Intransigeant	A, B	$\delta U, \delta U'$
Conciliant	$\delta U, \delta U'$	E, F

Résumé dans une seule matrice,

I/S	Conciliant	Intransigeant
Intransigeant	A, B	t, t'
Conciliant	$\delta U, \delta U'$	E, F

Comme précédemment pour démontrer la supériorité de la solution de comité sur la solution de marché, il suffit de montrer que le gain de chaque joueur croît avec t et t' puisque $\delta U > C$.

$U = r(t)A + (1-r(t))t = r(t)\delta U + (1-r(t))E$ où r(t) est la probabilité que S joue Conciliant.

Calculons $U'(t)$ à l'aide de la deuxième relation:

$$U'(t) = \frac{r'(t)E}{\delta - 1}$$

U et r varient en sens opposé. De plus, la première égalité assure que: $U'(t) = [1-r(t)] + r'(t)[A-t]$

Les deux crochets sont positifs, par conséquent on a nécessairement r' négatif et U' positif. Par conséquent le comité supplante le marché comme moyen de coordination du choix de la vitesse de référence. Ce résultat peut paraître paradoxal dans ce cas où le temps importe dans la mesure où le comité met plus de temps en moyenne à aboutir à un accord. Toutefois, quand le facteur d'escompte δ baisse, r(t) du comité augmente. r(t) évolue dans le même sens dans le cas du marché, mais cette

augmentation comporte également un risque de mauvaise coordination, risque inexistant au contraire dans la négociation en comité.

F-Mode de coordination mixte: marché et comité jumelés

Le jeu s'étend sur n périodes. Chaque période comporte deux étapes. Au cours de la première étape, chaque agent décide de se rencontrer en comité ou d'entrer sur le marché avec un standard adopté unilatéralement. Dans un deuxième temps, si l'option comité a été choisie par les deux agents, la négociation a lieu comme précédemment. En cas d'échec les joueurs peuvent à nouveau s'en référer au marché ou se retrouver pour une deuxième fois en comité.

Etape 1:

I/S	Conciliant	Intransigeant
Intransigeant	A, B	C, D
Conciliant	M, M'	E, F

Etape 2:

I/S	Conciliant	Intransigeant
Intransigeant	A, B	$\delta J, \delta J'$
Conciliant	$\delta J, \delta J'$	E, F

On désigne par J le gain espéré du jeu à n périodes. Si les deux joueurs ne parviennent pas à se mettre d'accord en comité, le gain espéré est bien celui du jeu complet débutant à la période suivante soit δJ .

Afin d'appliquer un raisonnement analogue aux parties précédentes, analysons le jeu suivant:

I/S	Conciliant	Intransigeant
Intransigeant	A, B	$\delta t, \delta t'$
Conciliant	$\delta t, \delta t'$	E, F

Soit $X(t)$ le gain espéré par le joueur I et $f(t)$ la probabilité que S joue Conciliant. On obtient les deux égalités habituelles:

$$X(t) = Af(t) + (1-f(t))\delta t$$

$$X(t) = f(t)\delta t + (1-f(t))E$$

En reprenant les calculs de la partie A, $X(0) = \frac{E}{A-E} A > 0$. De plus, $X(t) < E$.

On trouve également $f(t) = \frac{E - \delta t}{A + E - 2\delta t}$. $f(t) < 1/2$.

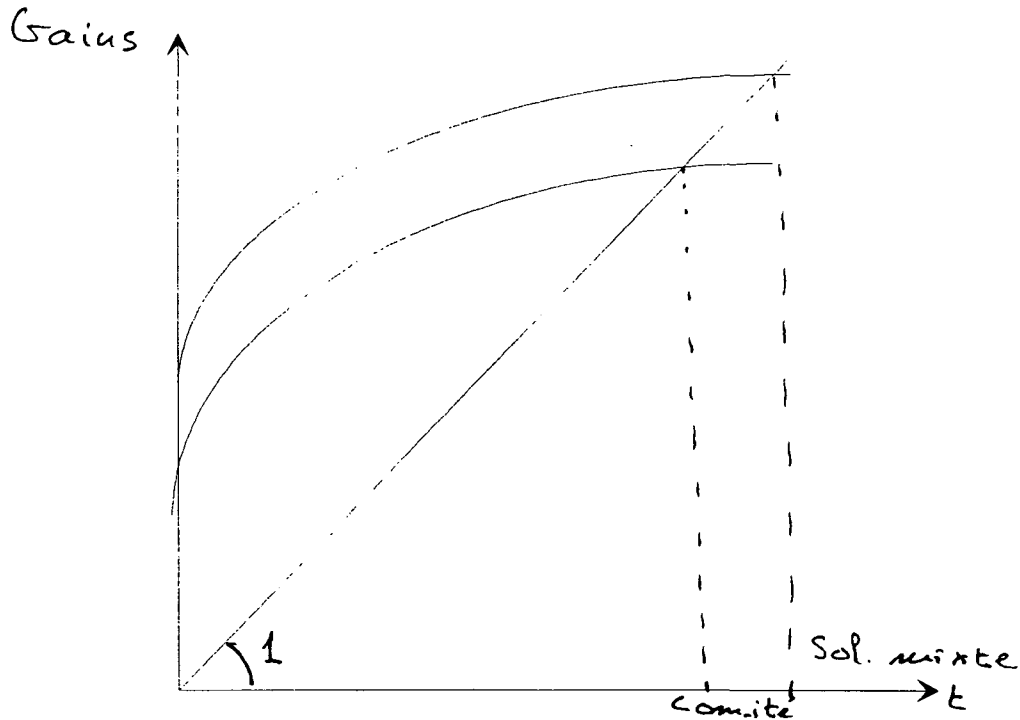
$$\text{De plus: } X'(t) = f'(t)\delta t + \delta f(t) - E f'(t) = f'(t)(\delta t - E) + \delta f(t) = \delta f(t) \left(\frac{A-E}{A+E-2\delta t} + 1 \right)$$

Par conséquent, l'ordonnée à l'origine de la fonction X est positive et sa pente est toujours inférieure à 1 tout en étant positive. La fonction admet donc un point fixe qui est par définition le gain espéré du jeu avec comité. Au contraire le gain espéré du jeu complet est tel que:

Si g est la probabilité que S joue Conciliant, J vérifie l'égalité:

$$gM + (1-g)E = J \text{ ssi } gX(J) + (1-g)E = J$$

On a par conséquent le graphique suivant.

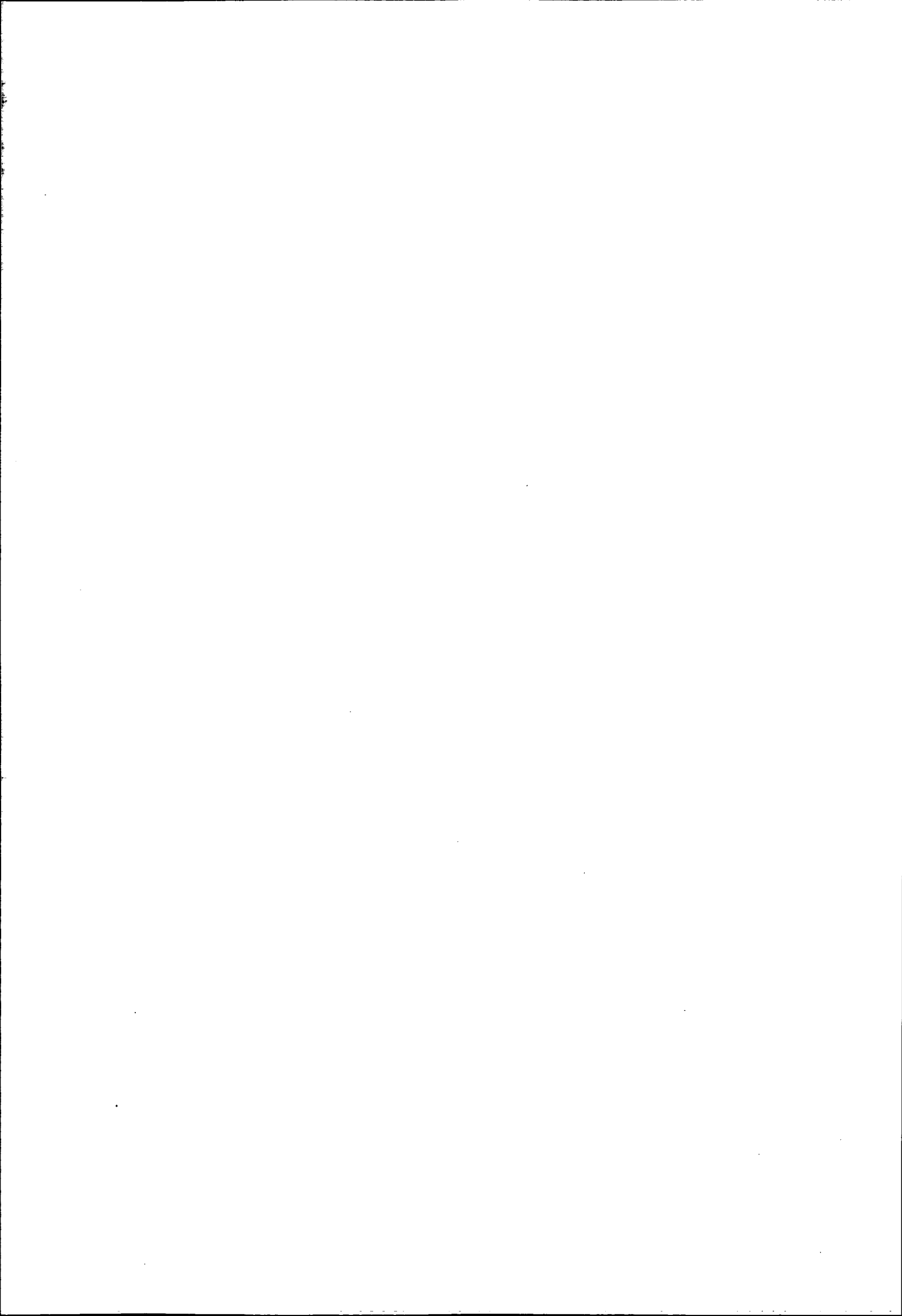


La solution mixte offre bien un gain espéré supérieur à celui tiré du comité de négociation et donc également supérieur à celui issu du marché.

Cette solution mixte supplante les deux autres puisqu'elle offre une chance de coordination supplémentaire.

Conclusion

L'étude de la concurrence entre deux compagnies disposant a priori de deux technologies aux performances hétérogènes met en évidence le risque de voir ces différences exacerbées même lorsque le régulateur met en place une tarification d'accès à l'infrastructure biaisée en défaveur de la qualité, alors que les deux compagnies gagneraient à coopérer. Par conséquent le gestionnaire de l'infrastructure ainsi que les firmes ont tout intérêt à mettre en place une instance au sein de laquelle les entreprises ferroviaires se rencontrent pour décider d'un commun accord d'une vitesse commune de circulation.



PARTIE II: Standardisation des vitesses et bien-être

On a supposé jusqu'à présent, à juste titre, que l'homogénéisation des vitesses conduisait à une augmentation de la fréquence totale de circulation ou autrement dit qu'une homogénéisation des qualités se traduisait par une amélioration de la qualité finale, sans toutefois modéliser précisément cette amélioration. Or, en introduction, on a montré que les externalités de réseau pouvaient être une conséquence de ce phénomène. En effet, plus le nombre de voyageurs utilisant une même compagnie est important, plus cette dernière est en mesure d'obtenir un grand nombre de droits de circulation (de sillons). Cette augmentation de la fréquence contribue à l'augmentation de l'utilité que retire le consommateur du trajet auprès de cette même compagnie. Il y a bien une relation positive entre demande et surplus du consommateur. Contrairement à la partie I, les qualités sont supposées fixées et la coopération entre firme impossible. En revanche, la firme disposant de la technologie de base a la possibilité de l'améliorer et de la rapprocher de la technologie concurrente. Une autre façon d'homogénéiser les vitesses de circulation est de ne laisser sur le marché qu'une seule des deux firmes. Cette partie étudie donc l'impact sur le bien être d'une standardisation de la vitesse de circulation.

Chaque consommateur est identifié par un nombre s qui désigne sa valorisation du bien de qualité A alors que $1-s$ représente le surplus apporté par la consommation du même trajet auprès de la firme B . On suppose que s est uniformément distribué sur l'intervalle $[1/2, 1]$. Pour un même prix tous les consommateurs souhaitent voyager sur la compagnie A qui fait circuler les trains les plus rapides. Il s'agit par conséquent bien d'une différenciation par la qualité (verticale) des produits. La qualité du produit offert par les opérateurs augmente avec le nombre de passagers. Pour simplifier on supposera les externalités de réseau linéaires. Un facteur n mesure l'intensité de ces externalités. De plus, la consommation d'un trajet en train apporte un surplus a à tous les consommateurs. Ainsi, si D_a (respectivement D_b) est la demande qui s'adresse à la firme A (respectivement B), les deux surplus bruts d'un consommateur s sont:

$$a+s+nD_a \text{ et } a+1-s+nD_b$$

La firme A produisant la meilleure qualité supporte un coût marginal k alors que la firme B ne subit aucun coût.

En revanche, afin de pouvoir améliorer l'exploitation du réseau et augmenter ainsi la fréquence des circulations et en fin de compte améliorer la qualité totale du bien, la firme B , moyennant un coût unitaire c , peut perfectionner sa technologie en augmentant sa vitesse de circulation.

En d'autres termes, elle rend sa technologie partiellement compatible avec celle de la firme A. Toutefois les deux vitesses n'étant pas parfaitement homogènes tout ne se passera pas comme si les deux technologies étant parfaitement identiques. Par conséquent, la qualité intrinsèque perçue par les consommateurs est supposée inchangée mais la fréquence totale peut augmenter du fait de vitesses de circulation sur le réseau plus homogènes. On mesure cette augmentation en prenant en compte non plus les seuls clients de B mais également les clients de A corrigés d'un facteur $(1-q)$, le terme q mesurant le degré d'hétérogénéité des deux vitesses. Les deux surplus deviennent:

$$a+s+nD_a+n(1-q)D_b \text{ et } a+1-s+nD_b+n(1-q)D_a$$

Le terme $n(1-q)$ représente le surplus d'utilité due à la plus grande fréquence.

Nous examinerons successivement trois configurations: le duopole, la tarification au coût marginal ou concurrence parfaite, le monopole et l'optimum social. Dans chacun des trois cas nous déterminerons les conditions sur les différents paramètres qui déterminent les différents équilibres possibles qui sont a priori au nombre de trois:

- Coexistence des deux qualités de base
- Coexistence de la qualité A et de la qualité B améliorée
- Une seule qualité

Paramètres	n	k	q	a
Signification	Valorisation de la fréquence	coût unitaire de A	Degré d'hétérogénéité entre la vitesse de A et la vitesse de B améliorée	utilité retirée du voyage

1- Concurrence pure et parfaite

Les prix sont les suivants: $P_A=k$ et $P_B=0$ et $P_{B \text{ améliorée}}=c$.

•Seule la qualité A s'impose sur le marché si le consommateur le moins disposé à payer pour cette qualité, soit l'agent 1/2, préfère toutefois consommer A au prix k plutôt que B au prix zéro, bénéficiant alors à plein des externalités de réseau, puisque si ce consommateur opte pour A tous les autres feront de même. C'est effectivement le cas si:

$$a + \frac{1}{2} + \frac{n}{2} - k > a + \frac{1}{2} \text{ ssi } n > 2k$$

La condition s'interprète aisément: si le coût de la qualité n'est pas trop important, tous les consommateurs acceptent de voyager avec la compagnie offrant la meilleure qualité.

Il faut également que la firme B ne soit pas tentée d'offrir un bien compatible au prix c . C'est le cas si:

$$a + \frac{1}{2} + \frac{n}{2} - k > a + (1-q)\frac{n}{2} - c + \frac{1}{2} \text{ ssi } c > k - \frac{q}{2}n$$

Le prix de la qualité B améliorée augmentée d'un terme proportionnel aux avantages en qualité que procure cette qualité ($nq/2$) doit excéder le prix de la qualité A.

• Les deux qualités coexistent s'il existe bien des consommateurs préférant consommer chacune des deux qualités et si la firme B n'a pas intérêt à transformer sa technologie.

Désignons par θ le consommateur indifférent à consommer la qualité A ou la qualité B. θ est tel que: $\theta + n(1-\theta) - k = 1 - \theta + n(\theta - 1/2)$ c'est à dire:

$$\hat{\theta} = \frac{1}{2} + \frac{2k - n}{4(1 - n)}$$

Deux conditions apparaissent:

$$\begin{aligned} 2k &> n \\ n &< 2(1-k) \end{aligned}$$

La deuxième délimite le cas où la firme B du fait d'un coût k de la qualité excessif s'impose. On supposera k suffisamment petit pour qu'un tel cas de figure ne se présente pas. Si $k < 1/2$, la condition devient $n < 1$ ce que l'on supposera vrai par hypothèse.

Afin que seules les deux qualités soient sur le marché, le consommateur le moins séduit par la qualité B doit toutefois la préférer à la technologie B transformée d'où la condition supplémentaire:

$\theta + n(\theta - 1/2) + n(1-q)(1-\theta) - c < 1 - \theta + n(\theta - 1/2)$ ce qui, compte tenue de la définition de θ , revient à la condition:

$$n(1-q)\left(\hat{\theta} - \frac{1}{2}\right) < c$$

Autrement dit, le surcroît d'utilité procuré par le niveau de fréquence supplémentaire n'excède pas son coût. En remplaçant θ par son expression la condition se résume à:

$$\frac{n(1-q)(2k - n)}{4(1 - n)} > c \quad (1)$$

introuvable. Dernier candidat équilibre: la firme B souhaite adapter au mieux sa technologie moyennant un surcoût c .

Le consommateur θ_c indifférent à B transformée ou A est tel que:

$$\theta + n(1-\theta) + (1-q)n\left(\theta - \frac{1}{2}\right) - k = 1 - \theta + n\left(\theta - \frac{1}{2}\right) + (1-q)(1-\theta) - c$$

c'est à dire:

$$\theta_c = \frac{1}{2} + \frac{2(k-c) - nq}{4(1-nq)}$$

Le consommateur θ doit être défini ce qui revient à imposer que θ appartienne à l'intervalle $[1/2, 1]$ d'où:

$$2(k-c) - nq > 0$$

$$2(k-c) - nq < 2(1-nq)$$

soit:

$$2c < 2k - nq$$

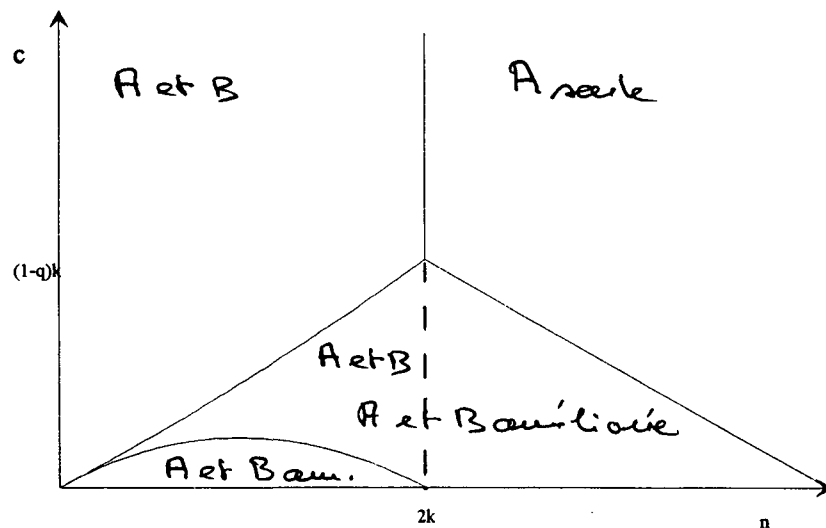
$$2c < 2k + nq - 2$$

De la même façon que précédemment, lorsque k est petit, la deuxième condition est toujours vérifiée puisque l'on a supposé $n < 1$ ssi $nq < 1$.

Enfin le consommateur θ_c préfère B amélioré à B si: $n(1-q)(1-\theta_c) > c$ soit:

$$\frac{n(1-q)}{2} \left(\frac{2 - nq - 2k}{4 - 2nq - 2n} \right) > c \quad (2)$$

En représentant dans le plan (c,n) les frontières, on obtient la configuration suivante:



Construction et position des courbes

La courbe (1) étant concave et la courbe (2) convexe, il suffit de comparer les nombres dérivés des deux courbes en $n=0$:

$2(1-q)(1-k) > \frac{k(1-q)}{2}$, la courbe (2) est toujours au dessus de la courbe (1).

-A partir d'un certain seuil le coût de l'amélioration de la technologie est dissuasif si bien que ne peuvent émerger que deux équilibres, selon l'importance du coût de la qualité par rapport à la valorisation des externalités de réseau : coexistence des deux qualités de base ou présence de la seule qualité supérieure.

-On constate l'existence d'une zone où peuvent à la fois exister un équilibre avec technologie améliorée et un équilibre où les deux qualités initiales se maintiennent sur le marché. Cette zone se caractérise par un c assez élevé et un n assez faible. Les consommateurs apprécient la technologie B améliorée dans la mesure où ces derniers sont peu nombreux à l'utiliser; dans le cas contraire autant adopter la technologie B simple. Par conséquent, il se peut qu'un équilibre avec B améliorée existe puisque c étant important le groupe consommant la qualité B améliorée sera petit. Mais n est également suffisamment faible pour que les deux qualités coexistent.

2- Optimum

▪Qualité A seule

$$\text{Surplus} = \int_{\frac{1}{2}}^1 a + s + \frac{n}{2} ds - \frac{k}{2} = \frac{a}{2} + \frac{3}{8} + \frac{n}{4} - \frac{k}{2}$$

▪Coexistence des deux qualités A et B

$$\text{Surplus} = a + \int_{\frac{1}{2}}^{\theta} a + (1-s) + n(\theta - \frac{1}{2}) ds + \int_{\theta}^1 a + s + n(1-\theta) ds - k(1-\theta)$$

Le bien être dépend de la position du consommateur indifférent aux deux qualités. Déterminons sa position optimale.

$$\theta^* = \frac{1}{2} + \frac{k-n}{2(1-2n)}$$

Deux conditions sur n assurent l'existence de θ^* :

$\theta^* > 1/2$ si $k > n$ et $\theta^* < 1$ si $k-n < 1-2n$.

Le surplus est alors égal à: $\frac{a}{2} + \frac{1}{4}(1+n)$

Comparons les coordonnées des deux consommateurs marginaux:

$$\theta - \theta^* = n(1-2k)$$

D'où la conclusion immédiate, du fait de l'hypothèse $k < 1/2$: $\theta^* < \theta$. La tarification au coût marginal pénalise la qualité. Le prix k ne permet pas au consommateur marginal ayant une

préférence pour la qualité moyenne d'internaliser les conséquences qu'aurait sur le surplus global sa consommation du bien A.

▪ Bien être avec B améliorée et A:

Le surplus total est égal au surplus que les consommateurs retirent de la présence des deux qualités de service A et B auquel il faut ajouter les avantages dus au rapprochement des deux technologies et soustraire le coût de l'amélioration de la technologie B. Le surplus total est alors:

$$\text{Surplus}(A,B) + 2n(1-q) \left[\left(\theta - \frac{1}{2} \right) (1 - \theta) \right] - c \left(\theta - \frac{1}{2} \right)$$

$$\theta_{am}^* = \frac{1}{2} + \frac{(k-c) - nq}{2(1-2nq)}$$

L'existence de θ^* est garantie si les deux conditions suivantes sont réunies:

$$nq < k - c \text{ et } (k - c) - nq < 1 - 2nq$$

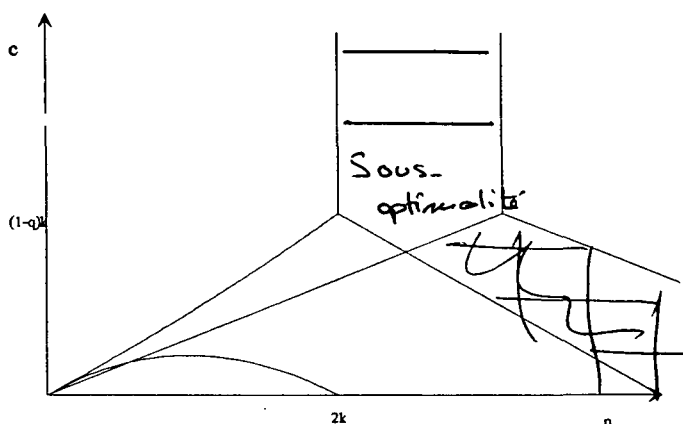
On démontre de la même façon que précédemment que $\theta^*_{am} < \theta_{am}^c$

Le tableau suivant résume les différentes comparaisons de surplus entre la situation de concurrence et l'optimum social.

Frontières	Optimum	Concurrence
A et B améliorée > A seule	$c + nq - k < 0$	$c + \frac{q}{2}n - k < 0$
A et B > A et B améliorée	$n(1-q) < c$	$c < n(1-q) \frac{2-nq-k}{2(2-n-nq)}$
A et B > A seule	$n < k$	$n < 2k$

On constate que la tarification au coût marginal a tendance à favoriser, au delà de ce que commanderait l'optimum, la coexistence des deux qualités le coût marginal ne permettant pas aux consommateurs d'internaliser l'effet de leur choix sur l'utilité des autres agents et donc in fine sur la leur.

Pour les paramètres situés dans l'aire hachurée horizontalement, l'optimum suppose la seule présence de la firme A alors que l'équilibre conduit à la coexistence des deux firmes. De la même façon le duopole A et B améliorée peut exister alors qu'il serait optimal que seule la firme A reste sur le réseau.



3- Monopole

On suppose dans cette partie qu'une seule firme sert le marché. Il s'agit alors de déterminer dans quels cas elle décide de ne proposer qu'une seule qualité aux consommateurs ou de modifier la qualité B.

▪ La firme propose aux consommateurs les deux qualités de base. Le monopole cherche à capter tout le surplus des consommateurs. Il fixe par conséquent P_A et P_B tels que:

$$P_A = a + s + n(1-s) \text{ et } P_B = a + 1 - s + n(s - 1/2)$$

Le programme de la firme est alors:

$$\text{Max}_{\theta^M} (1 - \theta^M)(P_A - k) + (\theta^M - \frac{1}{2})P_B$$

L'adresse du consommateur indifférent qui maximise le profit du monopole est alors:

$$\theta^M = \frac{1}{2} + \frac{2k + 1 - 2n}{8(1 - n)}$$

Condition immédiate pour que les deux qualités soient servies: $n < k + \frac{1}{2}$

On vérifie aisément que $\Pi'(\theta=1/2) > 0$ si et seulement si $n < k + \frac{1}{2}$.

On remarque que le monopole souhaite proposer les deux qualités plus vite que ne le commande l'optimum social, comme c'était déjà le cas en concurrence pure et parfaite mais pour une raison différente. La firme en monopole ne cherche en effet pas à proposer une seule qualité, car afin de couvrir le marché cela l'obligerait à baisser considérablement le prix de A pour servir les consommateurs ayant une préférence pour la qualité très faible.

Les prix d'équilibre sont:

$$P_A = a + \frac{1}{2}(1+n) + \frac{k}{4}$$

$$P_B = a + \frac{1}{2}(1+n) - \frac{k}{4}$$

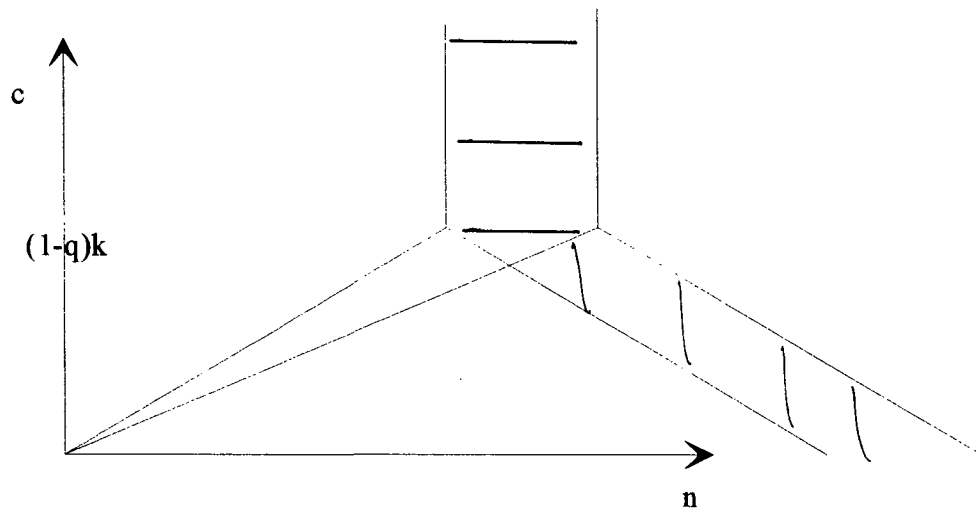
▪Le monopole offre la qualité A et la qualité B améliorée.

En procédant de la même façon que dans la partie précédente, déterminons la coordonnée optimale du consommateur indifférent à consommer la qualité A au prix P_A ou la qualité B améliorée au prix P_B améliorée.

$$\theta^M = \frac{1}{2} + \frac{2(k-c)+1-2nq}{8(1-nq)}$$

La condition assurant l'existence de ce consommateur est: $nq < (k-c) + 1/2$

On constate à nouveau que la technologie B améliorée peut être sur le marché pour des paramètres qui voudraient que seule A soit proposée aux consommateurs. La raison est analogue à celle invoquée précédemment. La firme souhaite profiter de la forte disponibilité à payer la qualité de certains agents tout en proposant aux autres la technologie B améliorée.



4- Duopole

Déterminons les conditions sur les coûts marginaux de production et d'adaptation de la technologie ainsi que sur l'intensité de la préférence pour la fréquence pour qu'émerge soit un monopole contraint soit un duopole.

PREMIER CAS: DUOPOLE (A,B) CONTRE MONOPOLE CONTRAINT

Le consommateur indifférent à consommer la qualité A ou la qualité B est θ où θ vérifie:

$1-\theta-P_B+n(\theta-1/2)=\theta+n(1-\theta)-P_A$ soit:

$$\theta = \frac{2(P_A - P_B) - n}{4(1-n)} + \frac{1}{2}$$

La maximisation du profit de la firme A est alors:

$$\text{Max}_{P_A} (1-\theta)(P_A - k)$$

De la même façon celui de la firme B est:

$$\text{Max}_{P_B} (\theta - \frac{1}{2})(P_B)$$

Les deux conditions nécessaires et suffisantes du premier ordre permettent de calculer θ :

$$\theta = \frac{1}{2} + \frac{2(k+1) - 3n}{12(1-n)}$$

θ existe aux seules conditions que:

$$n < \frac{2}{3}(k+1) \text{ et } n < \frac{2}{3}(2-k)$$

La deuxième condition est toujours vraie.

Réciproquement, montrons que ($P_A^{\text{limite}}=n/2, P_B=0$) est un équilibre de Nash si $n < \frac{2}{3}(k+1)$.

La firme B ne peut baisser son prix. Elle ne souhaite pas l'augmenter puisqu'elle ne parvient déjà pas à attirer un seul consommateur. De la même façon, la firme A n'est pas incitée à baisser son prix, cette dernière servant déjà tout le marché. Montrons que la compagnie ne gagnerait pas à laisser entrer la firme B en augmentant P_A . Pour cela il suffit de montrer que la dérivée de son profit en $n/2$ est négative.

$$\theta'_A(P_A^{\text{limite}}, P_A) = 1 - 3/2n + k.$$

Si l'on compare l'optimum avec le duopole, on a la situation suivante: le duopole est le mode de concurrence qui tend à imposer la qualité B le plus tôt possible.

L'on est assuré d'être en présence d'un marché en duopole si la firme B n'augmente pas le surplus du consommateur indifférent à A ou B en proposant un bien B amélioré moyennant un surcoût de c . C'est le cas si:

$$c > n(1-q)(1-\theta)$$

soit

$$c > \frac{n(1-q)}{12(1-n)}(4-3n-2k)$$

Exprimons les prix et les profits des deux firmes à l'équilibre

Les prix d'équilibre en cas de duopole sont:

$$P^*_A = \frac{2}{3}(k+1) - \frac{n}{2}$$

$$P^*_B = \frac{1}{3}(k+1) - \frac{n}{2}$$

Les profits d'équilibre:

$$\Pi_A = \frac{(4 - 3n - 2k)^2}{6.12(1 - n)}$$

$$\Pi_B = \frac{(2(k+1) - 3n)^2}{6.12(1 - n)}$$

On remarque que la firme proposant la meilleure qualité vend le trajet à un prix supérieur.

DEUXIEME CAS: DUOPOLE (A,B) CONTRE DUOPOLE (A,B AMELIOREE)

L'adresse du consommateur indifférent à la basse qualité B améliorée ou à la haute qualité est θ où:

$$\theta^D = \frac{1}{2} + \frac{2(P_A - P_B) - nq}{4(1 - nq)}$$

soit après maximisation:

$$\theta^D = \frac{1}{2} + \frac{2(k - c + 1) - 3nq}{12(1 - nq)}$$

La condition d'existence est alors:

$$c < k + 1 - \frac{3}{2}nq$$

Le duopole a tendance à servir les deux qualités A et B améliorée plutôt que la seule qualité A pour des valeurs de c plus élevées qu'à l'optimum.

Le consommateur θ^D préfère la qualité B améliorée à la qualité B classique si:

$$c < \frac{(1 - q)n(4 - 3nq - 2k)}{2(6 - n - 5nq)}$$

$$P^*_A = \frac{c + 2k + 2}{3} - \frac{nq}{2}$$

$$P^*_B = \frac{k + 1 + 2c}{3} - \frac{nq}{2}$$

Les deux prix sont plus élevés que lorsque les deux biens sont de qualité radicalement différente dans la mesure où la concurrence est alors plus rude. D'où le fait que le duopole (A,B améliorée) apparaisse pour un coût c plus faible qu'à l'optimum.

Le prix de la qualité A augmente avec le coût de production de la qualité B. Autrement dit les consommateurs de la meilleure qualité participent en quelque sorte au financement de l'amélioration de la qualité la plus basse.

On remarque également que contrairement au monopole ou à la concurrence parfaite, l'aire de marché de la qualité B améliorée est plus réduite. Cela est dû à une différence de prix plus réduite entre les deux qualités.

$$\Pi_A = \frac{(2(c+k+2) - 3nq)^2}{6.12(1-nq)}$$

$$\Pi_B = \frac{(2(k-c+2) - 3nq)^2}{6.12(1-nq)}$$

$\theta_B(c)$. La firme détentrice de la meilleure technologie a intérêt à monnayer très chèrement les moyens d'améliorer la technologie B

On peut également noter que les deux profits baissent quand q augmente. Les deux firmes tirent profit d'une homogénéisation des technologies. Cela est dû à l'effet des externalités de réseau sur la concurrence en prix. Plus les vitesses restent hétérogènes, plus le nombre de clients de chaque firme garde une importance cruciale et donc plus la concurrence en prix est féroce pour attirer le consommateur marginal. Les deux firmes souhaitent évidemment que la concurrence soit la plus relâchée possible ou autrement dit que les vitesses soient le plus proches possibles.

Conclusion

-La possibilité pour la firme B d'améliorer ses performances et de proposer ainsi au total à tous les consommateurs une fréquence de circulation supérieure est socialement appréciable dans la mesure où le coût que requiert cette amélioration n'est pas trop élevé. Il apparaît en effet très vite préférable que l'ensemble des consommateurs choisisse la firme A, quitte à pénaliser les consommateurs les moins sensibles à la qualité, pour offrir une fréquence maximale. Or, le marché se sert trop souvent de cette demi mesure.

Ainsi, d'une façon générale:

-Comme dans la partie précédente en dépit de l'existence d'un coût supplémentaire pour la qualité, la coexistence de deux vitesses est trop souvent la règle par rapport à ce que dicte l'optimum quel que soit le mode de concurrence retenu (monopole imposé, concurrence parfaite ou duopole). En particulier la solution de moyen terme consistant à rafistoler la technologie de base est souvent sous optimale avec de surcroît le risque de voir la firme détentrice de la meilleure technologie exagérer le coût de mise aux normes.

PARTIE III: Introduction d'une nouvelle qualité: optimum et concurrences

Dans les modèles précédents, les firmes se concurrençaient sur une seule période. Cette partie, à l'aide des modèles de Katz et Shapiro (86a, 86b et 92), introduit une concurrence dynamique afin d'étudier l'impact de la présence sur le réseau d'un opérateur installé de longue date.

Le jeu se décompose en trois périodes.

Une période transitoire, $t=0$: L'opérateur principal (A) est en monopole. Il offre une qualité F au coût unitaire C.

Deux périodes de concurrence, $t=1$: Entrée d'un concurrent (B) avec une qualité supérieure G mais un avec un désavantage en coût par rapport à son concurrent tel que tel que $G - D_1 < F - C$ où D_1 est le coût unitaire du concurrent potentiel en première période.

$t=2$: Le concurrent a amélioré ses performances et parvient maintenant à produire à un coût tel que $G - D_2 > F - C$.

Le deuxième paramètre du jeu concerne les externalités de réseau. Elles agissent positivement sur la qualité du service offert et ce pour deux raisons. La première est la très traditionnelle externalité d'offre. Plus le nombre de clients d'une firme est élevé, plus celle-ci est en mesure de leur offrir des services annexes qui améliorent la qualité perçue du produit final. La deuxième raison touche au fonctionnement du réseau ferroviaire. Actuellement, lorsqu'un opérateur justifie d'un nombre important de clients, celui-ci se voit accordé un nombre important de sillons et lorsque celui-ci était présent sur le marché antérieurement, il ne se voit pas retirer les sillons qu'il détenait. D'où, pour la qualité du service l'importance cruciale pour les firmes du nombre total de passagers que l'une et l'autre peuvent justifier.

On considérera entre autre que la qualité F de l'opérateur présent sur le marché à la période zéro provient de ces deux éléments. Par la suite, la qualité finale dépendra directement de la demande anticipée par les consommateurs des deux opérateurs. Ainsi, le surplus net qu'un passager tire de son trajet à la période t avec la compagnie i se compose de quatre termes: son revenu estimé suffisamment élevé de façon à ce que son surplus final soit toujours positif, la qualité intrinsèque du produit, les externalité de réseau et le prix du voyage:

$$S = \text{Revenu} + \text{Qualité en } t + V(\text{Demande anticipée pour } i \text{ à la période } t \text{ et } t+1) - \text{Prix en } t.$$

où V est la fonction représentant les externalités de réseau.

Les firmes se font concurrence par les prix. Chacun fixe donc à l'issue de chaque période le prix du trajet.

On suppose la demande inélastique. N_1 consommateurs pénètrent sur le marché en première période et N_2 en deuxième période.

On mesure l'avantage que possède une firme sur sa concurrente lorsque celle-ci a remporté la bataille par $V(N_1+N_2)-V(N_2)$ qu'on appellera E_2 .

De la même façon dénommons par AC_1 l'avantage en coût corrigé de la qualité de la firme A en $t=1$ et par AC_2 celui de B en $t=2$. On a:

$AC_1=D_1-C$ et $AC_2=D_2-C$. Le premier terme est évidemment positif alors que le deuxième est négatif.

Ce jeu cherche à modéliser l'influence de ces externalités de réseau sur la concurrence et sur la possibilité pour un concurrent offrant un bien d'une qualité nouvelle dont l'avantage s'affirme au cours du temps d'entrer sur le marché.

Pour cela nous comparerons successivement la tarification au coût marginal à l'équilibre concurrentiel ainsi qu'à l'optimum.

Nous introduisons dans un deuxième temps la possibilité pour les deux firmes de coopérer, c'est à dire d'exploiter la ligne en commun. Une sorte de *modus vivendi* intervient entre les firmes si bien que seul le nombre total de passagers entre en ligne de compte pour déterminer le niveau de qualité ayant trait à la fréquence ou aux services annexes. On considère alors que les deux technologies sont "compatibles". Les deux firmes négocient ensemble le partage du profit réalisé sur les deux périodes. On confrontera alors cette nouvelle organisation du marché à celles examinées précédemment.

Remarquons que tous les consommateurs étant identiques, seule la firme proposant le rapport qualité prix le plus faible firme est viable à une période donnée.

1- Equilibre concurrentiel

C'est la différence entre le coût et la qualité (C , D_1 et D_2) qui est pertinente dans la mesure où s'il n'y avait pas d'externalité de réseau mais une simple concurrence en prix à la Bertrand entre les concurrents, c'est cette différence qui mesure le surplus maximum que peut offrir une firme aux consommateurs. En l'occurrence, la firme 1 est encore dominante en première période mais perd son avantage en deuxième période, le concurrent réussissant à refaire son retard en matière de coût relativement à la qualité qu'il offre.

Pourtant, du fait de la présence d'externalités de réseau, chaque firme va essayer dans la mesure du possible de capter les consommateurs au début du jeu de façon à différencier son produit en matière de qualité en deuxième période et pouvoir ainsi soit le vendre plus cher soit pour

l'opérateur installé combler son handicap de coût et de qualité. Ainsi selon l'ampleur de l'avantage du concurrent ce dernier parviendra à rester sur le marché ou non.

Remarquons que l'ensemble des consommateurs valorisant la qualité intrinsèque et les externalités de réseau de la même façon, une seule firme parvient à se maintenir au cours d'une période. En effet supposons qu'il existe un équilibre tel que l'utilité des deux produits soient identiques pour des prix respectifs P_1 et Q_1 :

$V(D_1)+F-P_1=G+V(D_2)-Q_2$. En baissant très légèrement son prix, la firme 1 parvient non seulement à faire changer d'avis l'ensemble des consommateurs. C'est donc la firme parvenant à proposer

Afin de déterminer l'équilibre subgame perfect de ce jeu, raisonnons par induction vers l'amont et plaçons nous donc au début de la deuxième période.

Premier cas: B s'est imposée en première période

A ne peut alors au mieux offrir comme surplus que $V(N_2)-C$. Au contraire, la firme 2 est en mesure d'offrir $V(N_1+N_2)-D_2$. Sans ambiguïté, le deuxième terme est supérieur au premier. L'innovateur technologique se contente alors, comme dans une concurrence à la Bertrand classique, d'offrir ce que le concurrent peut lui même proposer de mieux soit $V(N_1)-C$. Le prix Q_2 de B est alors tel que:

$$V(N_1+N_2)+G-Q=V(N_1)-C \text{ soit } Q=V(N_1+N_2)-V(N_1)+G+C$$

Deuxième cas: A reste présente en première période.

Dans ce cas de figure la concurrence est plus rude puisque le surplus que peut offrir A à ses clients est supérieur à ce qu'il était dans le cas précédent. En effet, si la firme A parvient à s'imposer à nouveau en $t=2$, les passagers profiteront au mieux d'un surplus de:

$$V(N_1+N_2)-C$$

Par conséquent pour s'imposer, B doit posséder un avantage en coût et qualité suffisant pour qu'en offrant ce dernier surplus, elle puisse couvrir ses coûts puisque n'étant pas présente en première période elle ne peut se permettre de faire des pertes. Le prix Q_2 nécessaire pour remporter la partie est: $V(N_2)-V(N_1+N_2)+G-C$

B ne peut pratiquer un tel prix que si:

$$Q_2 > D_2 \text{ c'est à dire } V(N_1+N_2)-V(N_2) < C-D_2.$$

ou d'autres termes:

$$E_2 < -AC_2$$

Plaçons nous maintenant en première période

Premier cas: B est en état quoi qu'il arrive de se maintenir en deuxième période

A dans une telle configuration peut au mieux rester en place en $t=1$. Pour cela elle doit offrir au minimum ce que B est en mesure de proposer à ses clients soit: $V(N_1+N_2)+G-Q_1$. Par conséquent, A doit tarifier le trajet au plus à P_1 vérifiant:

$$P_1 < V(N_1) - V(N_1+N_2) + C - G - Q_1.$$

L'avantage important dont bénéficiera B demain handicape considérablement A dans la mesure où les consommateurs savent qu'en cas de victoire de B la qualité du produit sera élevée du fait des externalités de réseau.

A ne pourra pratiquer un tel prix que si $P_1 > C$.

La firme B a alors face à une telle situation le choix entre éjecter A du marché dès la première période ou n'entrer qu'en $t=2$. B opère un arbitrage dont les deux composantes sont les suivantes:

- Empêcher A de rester encore une période sur le marché est certes coûteux, puisque cela impose une tarification de prédation mais en contre partie, en deuxième période, le concurrent profite de l'avantage en qualité que lui confère sa présence en première période, discréditant du même coup un peu plus la firme A et donc réduisant par la même la concurrence potentielle.
- Laisser A sur le marché permet d'éviter de pratiquer une guerre des prix en $t=1$ mais en contre partie relance la concurrence en $t=2$.

Afin de trancher, il suffit de comparer les deux profits Le résultat dépendra évidemment de l'ampleur de l'avantage dont bénéficie A en première période puisque c'est lui qui donne la mesure des pertes encourues par B pour capter les N_1 clients.

- B évince A dès la première période, pour cela il suffit de vendre le trajet à Q_1 tel que:

$$V(N_1+N_2)+G-Q_1 = V(N_1)+F-C \text{ d'où: } \Pi_{t=1}^B = (E_1 - AC_1)N_1$$

Dans ce cas, B réalise comme profit conformément à la partie précédente:

$$\Pi_{t=2}^B = (E_2 - AC_2)N_2$$

- Si B choisit de ne pas éjecter A dès $t=1$, le profit se résume à $\Pi_{t=2}^B$ soit:

$$(-EC_2 - AC_2)N_2$$

- Conclusion: Si $E_1 + E_2 \frac{2N_2}{N_1} > AC_1$, B préfère rester en dehors du marché en $t=1$.

Deuxième cas: B n'a le pouvoir de se maintenir en deuxième période que si elle s'est imposée en première période

La bataille en $t=1$ est décisive. La gagner revient à remporter le marché aux deux périodes. Afin de déterminer qui de A ou B va s'imposer, il suffit de mesurer les deux profits intertemporels et de mesurer laquelle des deux firmes peut offrir le surplus le plus élevé en $t=1$.

• Profits de deuxième période: $\Pi_{t=2}^B = (E_2 - AC_2)N_2$ et $\Pi_{t=2}^A = (E_2 + AC_2)N_2$

• Profits de première période: $\Pi_{t=1}^B = (Q_1 - D)N_1$ et $\Pi_{t=1}^A = (P_1 - C)N_1$

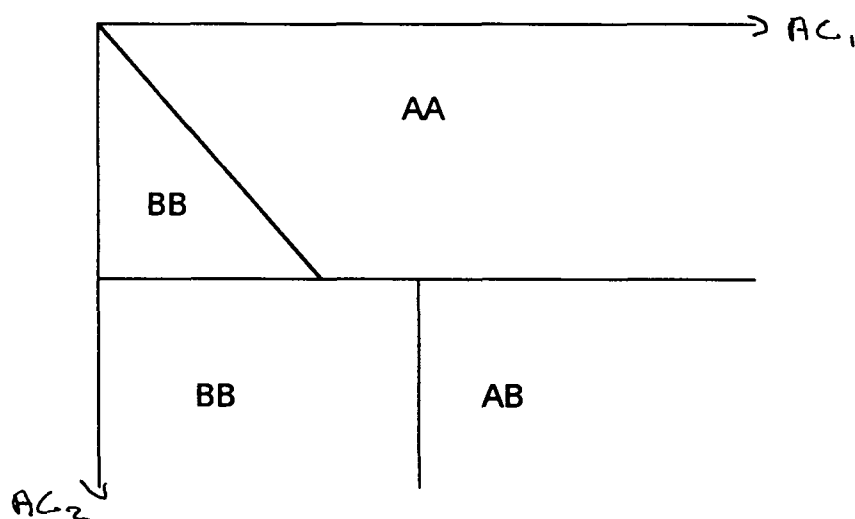
Les prix limites que peuvent pratiquer les deux firmes sous peine d'annuler leur profit sont:

$P_1 = C - \frac{N_2}{N_1}(E_2 + AC_2)$ et $Q_1 = D - \frac{N_2}{N_1}(E_2 - AC_2)$, par conséquent, A s'impose en $t=1$ comme

en $t=2$ si:

$$AC_1 N_1 + 2N_2 AC_2 < 0$$

Résumons l'ensemble des résultats sur un graphique:



La notation XY (X, Y=A, B) signifiant que la firme X sert le marché en première période et la firme Y en deuxième période.

Le régionnement est intuitif. La partie nord-ouest correspond à deux avantages en coût qualité fragiles pour les deux firmes si bien qu'il suffit d'une très légère différence pour que l'une des deux firmes s'impose aux deux périodes. Au contraire les avantages sont nets pour l'une des deux firmes dans les cadrans nord est et sud ouest. Les deux firmes s'imposent chacune sans difficulté aux deux périodes. En revanche, le cadran sud-est se caractérise par la coexistence de deux firmes très compétitives. L'une en $t=1$, l'autre en $t=2$. Conséquence naturelle: la firme A sert le marché en première période sans que la firme B ne cherche à l'en déloger alors que la firme B se réserve la deuxième période.

2- Tarification au coût marginal des deux technologies

Dans ce cas de figure aucune considération stratégique n'est à prendre en compte. Il suffit donc de comparer le surplus de chaque consommateur à l'issue de chaque période.

PERIODE 2

- La firme A offre le surplus le plus élevé en $t=1$

La firme B ne s'impose qu'à la condition que: $V(N_2)-D_2 > V(N_1+N_2)-C$ c'est à dire si $-E_2 < AC_2$. La qualité et le coût de B doivent être suffisamment attractifs par rapport au surcroît de qualité donné à A par la présence des N_1 consommateurs en première période.

- La firme A ne parvient pas à se maintenir en $t=1$

B est automatiquement la firme la plus attrayante puisqu'elle cumule les deux avantages: avantage de coût et de qualité ainsi que l'avantage conféré par les externalités de réseau.

PERIODE 1

- Si la firme B est en mesure de remporter le marché en $t=2$ même si A le remporte en $t=1$, cette dernière séduit les consommateurs si:

$$V(N_1)-C > V(N_1+N_2)-D_1 \text{ c'est à dire si } AC_1 < E_1$$

Les consommateurs anticipant parfaitement la présence certaine de la firme B demain, les externalités de réseau jouent en première période en faveur de la firme B et non en faveur de la firme A éventuellement susceptible de remporter le marché.

- Si le marché de la première période conditionne celui de la deuxième période, A peut l'emporter que si elle vend moins cher que sa concurrente en $t=1$ ce qui est effectivement le cas.

La configuration générale est la suivante

		E1
	AA	AA
-E2	BB	AB

3- Une seule firme tarife au coût marginal (concurrence mixte)

On supposera que la firme en place tarife au coût marginal soit parce que le législateur l'y contraint soit du fait de la présence d'un nombre important de firmes offrant cette qualité de service. En revanche, l'innovateur technologique pratique une tarification libre lui permettant d'être agressif au début de la relation de façon à relâcher la concurrence ensuite et vendre au-dessus du coût marginal.

PERIODE 2

• La firme A a emporté le marché en $t=1$, la firme B ne peut alors au mieux que vendre au coût marginal. Les consommateurs tirent du produit B vendu au prix D_2 un surplus supérieur si:

$$V(N_2) - D_2 + G = V(N_2) - D_2 > V(N_1 + N_2) - C_2 \text{ c'est à dire si } -E_2 < AC_2 \quad (1)$$

• Si, en $t=2$ en plus de son avantage en coût, B peut faire valoir N_1 consommateurs en $t=1$, elle est certaine de capter les N_2 consommateurs et pourra vendre le trajet au prix Q_2 tel que: $V(N_2) - C = V(N_1 + N_2) - Q_2$ c'est à dire à $Q_2 = E_2 + C$

PERIODE 1

Si l'inégalité (1) est vérifiée, c'est à dire si la firme B est la seule compagnie susceptible d'être présente sur le marché en deuxième période, en première période, alors que A est contrainte de vendre son produit au prix C, B peut opter pour deux stratégies:

- La compagnie a la possibilité de vendre à pertes au prix C de sorte qu'elle gagnera la partie aujourd'hui de façon à profiter, demain, d'un avantage en qualité pour vendre plus cher. Son profit est alors: $\Pi^{\text{prédation}} = N_1(V(N_1 + N_2) - V(N_1) + C - D_1) + N_2(V(N_1 + N_2) - V(N_2) + C - D_2)$

- La deuxième possibilité pour B est de laisser A prendre le marché en $t=1$. Elle évite ainsi les pertes encourues précédemment en $t=1$ mais fait face à une concurrence resserrée en $t=2$.

Son profit est alors: $\Pi^{t=2} = N_2(V(N_2) - V(N_1 + N_2) + C - D_2)$

La première solution est préférable dans le cas où: $\Pi^{\text{prédation}} > \Pi^{t=2}$ soit lorsque:

$$AC_1 > -2N_2/N_1(V(N_1 + N_2) - V(N_2)) + V(N_1 + N_2)$$

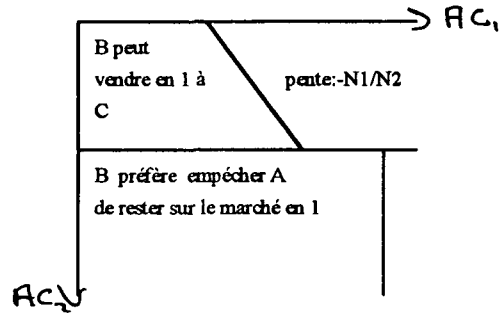
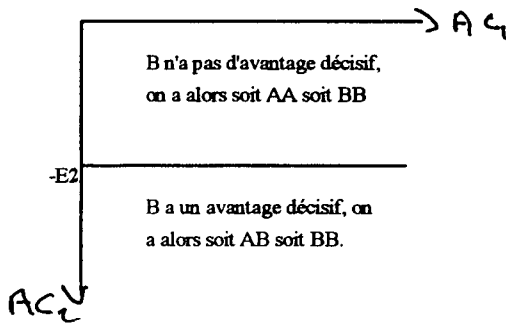
Dans le cas où l'inégalité (1) n'est pas vérifiée, gagner les N_1 consommateurs est une nécessité pour que la firme B puisse rester sur le marché. Le prix Q_1 le plus bas que puisse pratiquer B est tel que:

$N_1(Q_1 - D_1) + N_2(V(N_1 + N_2) - V(N_2) + C) = 0$ soit:

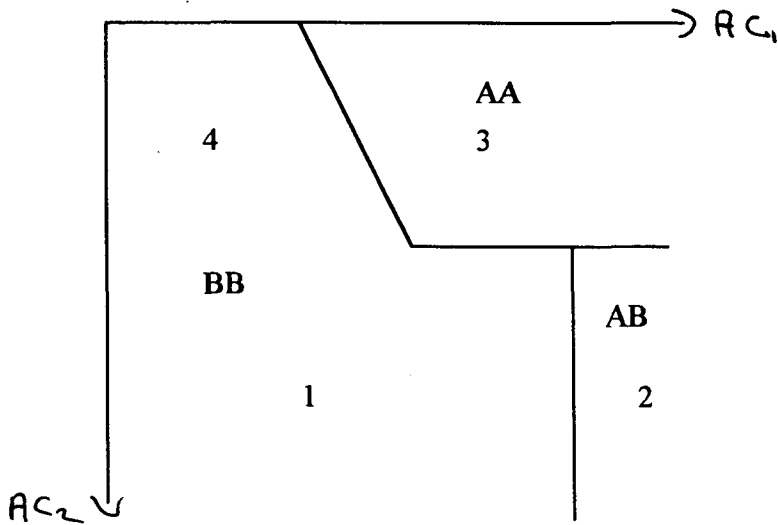
$$\tilde{Q}_1 = -\frac{N_2}{N_1} (V(N_1 + N_2) - V(N_2) + AC_2) + D_1$$

On a $Q < C$ ssi $AC_2 > -\frac{N_1}{N_2} AC_1 - (V(N_1 + N_2) - V(N_2)) = -\frac{N_1}{N_2} AC_1 - E_2$

Récapitulons l'ensemble de ces résultats dans les graphiques ci-dessous.



Le diagramme final est alors:



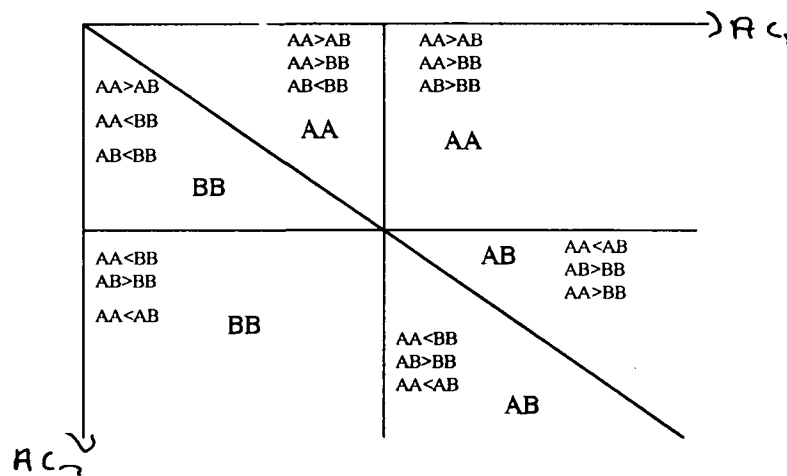
On remarque que B parvient à s'imposer plus souvent que lorsque A était libre de fixer ses prix.

4- Optimum

Le tableau suivant présente le surplus global des quatre cas de figure.

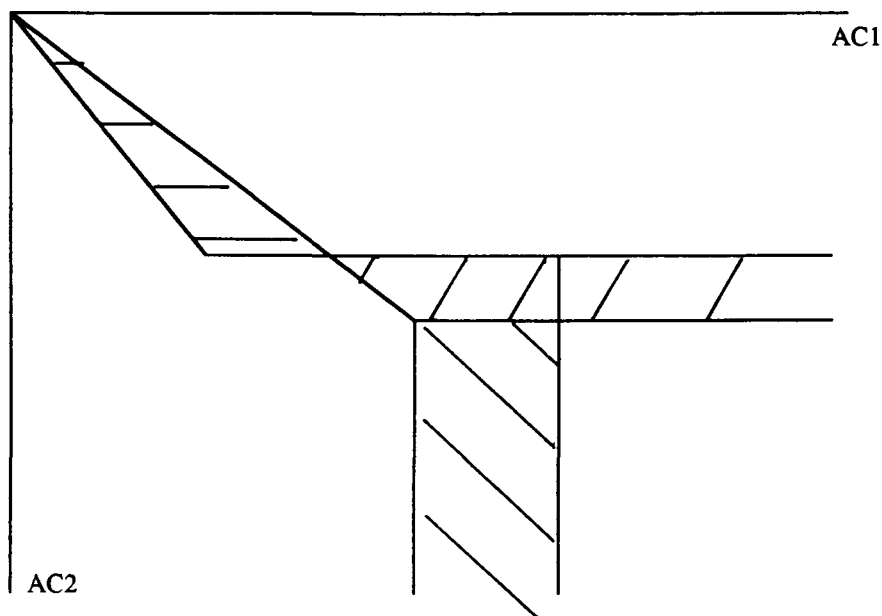
Cas de figure rencontré	Surplus global
Compatibilité	$(N_1+N_2)V(N_1+N_2)-CN_1-D_2N_2$
AA	$(N_1+N_2)V(N_1+N_2)-CN_1-C_2N_2$
AB	$N_1V(N_1)+N_2V(N_2)-CN_1-D_2N_2$
BB	$(N_1+N_2)V(N_1+N_2)-D_1N_1-D_2N_2$

La comparaison systématique donne le résultat suivant:



La compatibilité est toujours préférable. On obtient un tel résultat pour une raison simple. La demande étant parfaitement inélastique, les prix sont de simples transferts entre consommateurs et producteurs, ils n'entrent donc pas en ligne de compte dans le surplus global. Or le seul avantage que peut apporter l'incompatibilité des technologies est une intensification de la concurrence en prix. Seul le gain en qualité et en coûts apparaît donc dans le surplus global.

Supposons dans un premier temps que les firmes ne peuvent pas coopérer. Le graphique suivant compare alors l'optimum à deux cas de figure envisagés: libre concurrence et concurrence parfaite.



En rouge: inefficacité de la concurrence parfaite

AA alors que BB préférable
 BB alors que AA préférable
 AB alors que BB préférable

En noir: inefficacité de la libre concurrence

— AA alors que BB préférable
 /// BB alors que AA préférable
 \\\ BB alors que AB préférable

On note que la nouvelle qualité a tendance à s'imposer plus que nécessaire. En deuxième période la firme B parvient parfois à être présente alors que le surplus aurait été supérieur si seule la qualité A avait été vendue. On assiste parfois même à une mauvaise standardisation en B alors qu'une standardisation en A aurait été préférable.

Même lorsque les firmes tarifent au coût marginal la configuration AB est trop fréquente par rapport à AA.

En revanche, il arrive que A s'impose trop en première période contre BB. D'une façon générale, la tarification au coût marginal conduit à une sous standardisation.

Conclusion: les externalités de réseau sont finalement loin d'handicaper la firme proposant la nouvelle qualité.

5- Compatibilité

On suppose maintenant que les firmes peuvent collaborer.

Les produits sont homogènes, à la qualité intrinsèque près, aux deux périodes. De la même façon que dans De Palma Leruth (92), la concurrence en prix à la Bertrand conduit la firme ayant l'avantage qualité coût le plus important à vendre son produit à tous les consommateurs de telle façon que le surplus qu'il procure aux agents soit égal à celui que serait en mesure d'offrir le concurrent soit:

$P_1 = C_2$ et $P_2 = C_1$. Les profits sont par conséquent: $\Pi_1^1 = AC_1 N_1$ et $\Pi_2^1 = 0$
 $\Pi_1^2 = 0$ et $\Pi_2^2 = -AC_2$. L'incitation

individuelle est donnée par la différence entre le profit obtenu si la firme collabore et celui qu'elle obtient si elle ne coopère pas. Si des transferts entre les firmes sont possibles c'est la somme des différences entre les profits des deux firmes qui importe. Calculons ces incitations dans les différentes situations envisagées précédemment.

▪ Concurrence parfaite (tarification au coût marginal par les deux firmes)

Les profits étant nuls, les firmes ne sont pas incitées à coopérer.

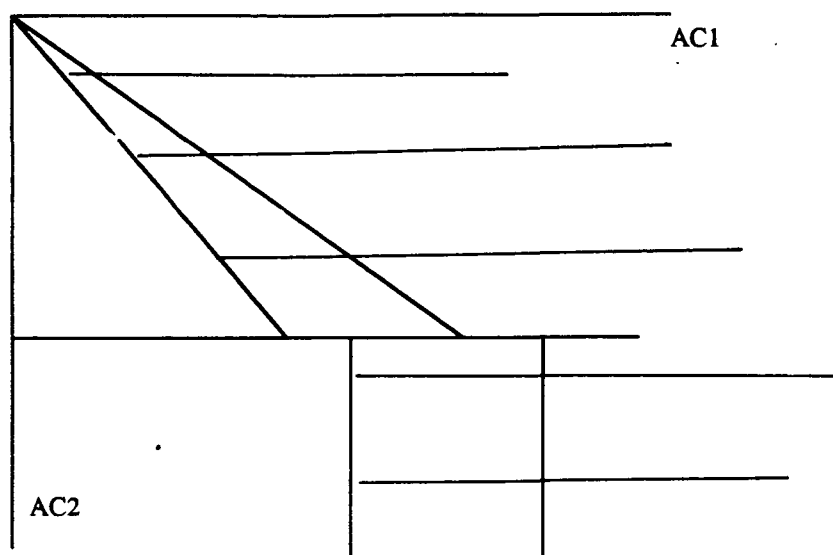
▪ Libre concurrence (les deux firmes fixent sans aucune contrainte leurs prix)

Cas de figure rencontré	Firme B	Firme A
1	$-N_1(E_1 - AC_1) - N_2 AC_2$	$N_1 AC_1$
2	$N_1 AC_1 + N_2 AC_2$	$N_1 AC_1$
3	$E_2 N_2$	$N_1 AC_1 + N_1 E_1$
4	$N_2 E_2$	$2N_2 AC_2$

L'incitation conjointe à coopérer est donc:

Cas de figure rencontré	$\sum(\Pi_i^c - \Pi_i^{nc})$
1	$2N_1 AC_1 - N_1 E_1 - N_2 E_2$
2	$2N_1 AC_1 + N_2 AC_2$
3	$N_1 E_1 + 3E_2 N_2$
4	$N_2 E_2$

Représentons le signe de ces différences dans le graphique ci-dessous en mettant en évidence les zones où seule la collaboration des deux firmes s'oppose à la mise en oeuvre de l'optimum social soit la compatibilité.



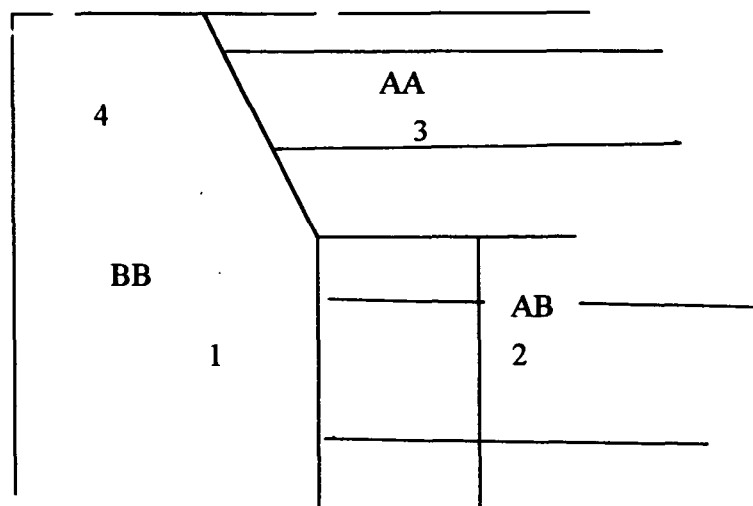
On constate que les firmes sont très souvent incitées à coopérer. Pourtant, à première vue, la coopération rend leurs produits homogènes ce qui, à l'aune de la première partie, devrait intensifier la concurrence en prix et conduire les firmes à renoncer à toute compatibilité. En fait, choisir de coopérer est une façon pour les firmes de se lier les mains et ainsi de montrer à son adversaire qu'elle est incapable de mener bataille. En effet, une fois les produits compatibles, les deux firmes ne souhaitent plus en première période mener une politique de prix très offensive pour se constituer un avantage pour la deuxième période. Toutefois, ce raisonnement ne s'applique que si l'avantage en coût de la firme A est relativement important. Dans le cas contraire, la firme B trouve plus avantageux de mettre hors du marché la firme A dès $t=1$ de façon à relâcher la concurrence en $t=2$.

▪Concurrence mixte (la firme A tarifie au coût marginal alors que B est libre)

La firme A ne faisant jamais de profit ne peut favoriser la coopération. Seule la différence de profit de la firme B importe.

Zone	Profit de B	Incitation à coopérer
1	$(E_2 - AC_2)N_2 - AC_1N_1$	$-E_2N_2 + AC_1N_1$
2	$(-E_2 - AC_2)N_2$	E_2N_2
3	0	$-AC_2N_2$
4	$(E_2 - AC_2)N_2 + N_1(E_1 - AC_1)$	$-E_2N_2 + AC_1N_1 - N_1E_1$

Le graphique ci-dessous représente les incitations à coopérer.



On retrouve les mêmes résultats qualitatifs que précédemment. Une large zone correspondant un avantage en coût qualité de A faible, voit la firme B refuser toute coopération. Cette aire est supérieure à celle de la figure précédente, le profit de A ne venant jamais rééquilibrer une forte tendance de B à ne pas coopérer.

D'une façon générale, le régulateur a intérêt à interdire toute sorte de priorité à l'opérateur présent à la période précédente lors de l'attribution des sillons de circulation, c'est à dire à supprimer toute sorte d'externalités de réseau. Si toutefois cela s'avère impossible (par exemple si A s'y oppose), il est préférable de laisser une entière liberté dans la fixation des prix tout en autorisant les transferts monétaires entre firmes. Cette situation a l'avantage de favoriser largement la coopération.

Le modèle développé ne permet pas de dire si la nouvelle qualité entre sur le marché trop tardivement ou trop précocement, le temps n'étant pris en compte que sous la forme de deux seules périodes. Katz et Shapiro (92) reprennent un modèle de Farrell et Saloner (88) avec une infinité de périodes dans lequel ils introduisent la concurrence en prix. Ils montrent entre autres que si les deux technologies sont compatibles, la firme B détentrice de la nouvelle qualité entre sur le marché au moment opportun. En revanche, s'il y a incompatibilité des produits, l'arrivée de B est trop précoce (modèle développé dans l'annexe 3). Toutefois, ils montrent que le régulateur a toujours la possibilité d'inciter les firmes à implémenter cette compatibilité.

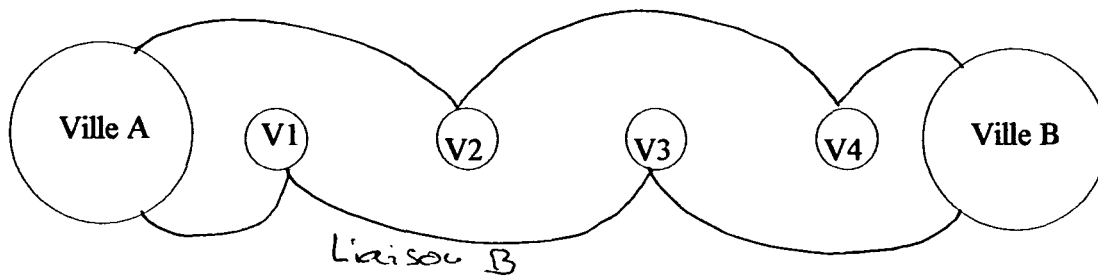
PARTIE IV: Fréquence versus variétés

Jusqu'à présent la notion d'externalité de réseau servait à modéliser la plus ou moins grande fréquence que pouvait offrir un opérateur à ses clients. Cela permettait de mettre en évidence l'intérêt d'une homogénéisation des vitesses de circulation. Pourtant la préférence pour la fréquence n'est rien d'autre qu'une préférence pour la variété. Or en retenant une simple spécification linéaire, les modèles précédents ignorent les nombreux travaux qui, depuis Dixit et Stiglitz (77), proposent une modélisation de la préférence pour la variété fondée microéconomiquement. Ainsi, Anderson (93) démontrent la robustesse de la fonction CES comme représentation de cette préférence pour la variété (voir annexe 2). Les premiers travaux sur les réseaux utilisant la fonction CES portent sur le fonctionnement du marché des software. Church et Gandhal (92) étudie la concurrence entre deux variétés de "système", un système étant la réunion d'un hardware et d'un software. L'utilité d'un consommateur est la somme d'un surplus plus ou moins élevé selon la variété du hardware qu'il acquiert, selon le nombre et selon le prix des software compatibles avec le hardware acheté. Church et Gandhal raisonnent ainsi à l'aide d'un continuum de consommateurs représentatifs. Chaque consommateur représentatif a une variété idéale de hardware et tient compte de l'importance de la gamme de softwares compatibles avec les différents hardwares. Il s'agit en quelque sorte d'un modèle de différenciation mixte. La qualité du hardware étant la variété de softwares avec lesquels il peut fonctionner.

Ce type de modèle est assez proche du problème étudié dans la mesure où une entreprise ferroviaire utilise une infrastructure moyennant redevance et fait circuler des trains. Chaque entreprise peut choisir la variété de son train (omnibus rapide...). Ainsi, l'arbitrage que doit effectuer chaque firme est le suivant: soit elle profite d'une variété déjà servie par de nombreuses autres entreprises mais qui de ce fait draine un nombre important de clients, soit elle décide au contraire de desservir des gares où la concurrence est faible mais où en contre partie les voyageurs sont peu nombreux.

Le modèle de Church et Gandhal

Supposons qu'il existe pour une ligne donnée deux types de desserte (voir figure). Chaque entreprise peut choisir l'une ou l'autre.



Le consommateur est à la fois sensible au type de trajet proposé mais également à la fréquence offerte pour un trajet donné. Ainsi le surplus qu'il tire de la consommation du bien de la variété i :

$$U = \left(\sum_{j=1}^{N_i} q_j^{1/\alpha} \right)^\alpha + \text{"coûts de transport"}$$

$i=0,1$ et N_i est le nombre de firmes servant la variété i . Le terme coûts de transport désigne la désutilité due à la variété de trajet choisie. Si les deux variétés sont localisées aux extrémités du segment $[0,1]$, ils seront pour l'agent s respectivement de s et $1-s$. Le premier terme représente la préférence pour la variété. Le programme du consommateur est alors:

$$\begin{aligned} \text{Max}_{q_j} \left(\sum q_j^{1/\alpha} \right)^\alpha - \sum P_j q_j \\ \text{sc } \sum P_j q_j < R \end{aligned}$$

On trouve alors la fonction de demande suivante:

$$q_j^d = R \frac{P_j^{1-\alpha}}{\sum_{i=1}^N P_i^{1-\alpha}}$$

où N est le nombre de firmes servant la même variété.

On suppose que les firmes ne mesurent pas l'importance du prix sur le consommateur marginal. Elles ne se préoccupent donc que de la demande de chaque consommateur représentatif. Leur objectif est alors:

$$\text{Max}_{P_j} q_j(P_j)(P_j - c)$$

On trouve alors la condition nécessaire et suffisante du premier ordre en supposant l'effet de P_i sur l'indice de prix nul. D'où:

$$P_i = \alpha c.$$

On met en évidence le résultat traditionnel de la concurrence monopolistique: chaque entreprise applique un taux de marge directement fonction de la préférence pour la variété du consommateur représentatif.

Supposons que les prix des trajets soient tous identiques, la CES s'écrit plus simplement: $\frac{N^{\alpha-1} R}{\alpha c}$. La seule augmentation du nombre de trajets proposés accroît le surplus du

consommateur et ce d'autant plus que α est grand. α est un indicateur de la préférence pour la variété. $\alpha \in]1,2[$

On peut alors calculer le profit d'une firme selon qu'elle adopte la qualité 0 ou 1 :

$$\begin{cases} \Pi(N_0, N_1) = \theta(\alpha - 1)cq(\alpha c) \\ \Pi(N_0, N_1) = (1 - \theta)(\alpha - 1)cq(\alpha c) \end{cases}$$

où θ est la coordonnée du consommateur indifférent aux deux variétés.

Soit F le coût fixe nécessaire pour entrer sur l'un ou l'autre des marchés. Le nombre de firmes d'équilibre présentes en 0, N_0 et en 1, N_1 vérifient les deux égalités suivantes:

$$\frac{(\alpha - 1)\theta R}{\alpha N_0} = F \quad \text{soit en additionnant ces deux égalités:} \quad \frac{(\alpha - 1)R}{\alpha(N_0 + N_1)} = F. \quad \text{Le nombre total}$$

$$\frac{(\alpha - 1)(1 - \theta)R}{\alpha N_1} = F$$

de firmes que le marché comporte finalement qu'une ou deux variétés est identique et égal à N . N dépend de la préférence pour la variété, du coût fixe d'entrée et du revenu des consommateurs. On peut donc systématiquement remplacer N_1 par $N - N_0$.

1 Equilibre de marché

La deuxième décision prise par chaque firme qui choisit de faire circuler un train concerne la variété de son convoi. Elle peut soit choisir la variété 0 soit la variété 1. Avant de prendre une décision, l'entreprise étudie l'impact de son arrivée sur l'un ou l'autre des marchés. Autrement dit, une firme quelconque observe la dérivée de son profit par rapport à N_0 .

Cherchons un couple équilibre (N_0, N_1) . La seule condition requise est que pour une telle répartition des firmes, aucune n'a intérêt à dévier. En d'autres termes le profit de chaque firme, qu'elle fasse circuler un train de l'une ou l'autre variété, doit être identique et la dérivé de ce profit par rapport au nombre de firmes présentes dans la variété doit être négative en cette répartition.

Exprimons dans un premier temps le profit d'une firme pour un couple (N_0, N_1) quelconque. Pour cela déterminons auparavant le consommateur indifférent. θ vérifie l'équation suivante:

$$-\theta + N_0^{\alpha-1}q(\alpha c) = -1 + \theta + N_1q(\alpha c)$$

soit:

$$\theta^* = \frac{1}{2} + \frac{N_0^{\alpha-1}R - N_1^{\alpha-1}R}{2\alpha c}$$

Le nombre d'opérateurs servant l'une ou l'autre des variétés agit comme un effet qualité. On remarque d'ailleurs que pour certaines valeurs de N , si une variété obtient le concours de

toutes les firmes, l'autre est exclue. Déterminons la valeur charnière de N . Lorsque $N_1=0$, $\theta > 1$ si $N^{\alpha-1} < \frac{\alpha c}{R}$. Il existe alors du fait de la monotonie de t en N_0 un seuil S_0 à partir duquel, la variété 0 sert tout le marché. Dans le cas contraire, N_1 peut être aussi petit que possible, l'avantage en qualité acquis par la variété 0 qui draine toutes les entreprises n'est pas suffisant pour dissuader certains consommateurs particulièrement désireux de consommer cette variété. Toutefois pour $N_1=0$, aucune firme ne faisant circuler de trains de variété 1, cette dernière n'est pas présente sur le marché.

Déterminons à présent l'effet d'une variation du nombre d'entreprises sur ces profits:

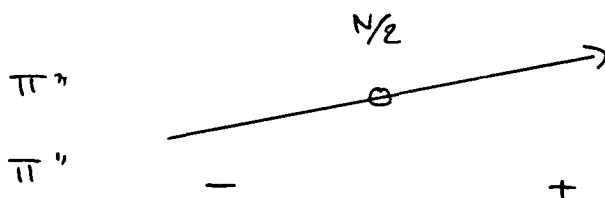
$$\frac{\partial \Pi}{\partial N_0} = \frac{\partial q}{\partial N_0} + \frac{\partial \theta}{\partial N_0}$$

N_0 a un effet qualité et un effet prix. L'effet qualité est évident: augmenter le nombre de trajets pour une compagnie donnée procure un surcroît de variétés aux consommateurs, influence donc le consommateur marginal et en définitive augmente le nombre de clients pour la variété en question. L'effet prix, négatif, vient d'une intensification de la concurrence au sein des entreprises offrant la même variété.

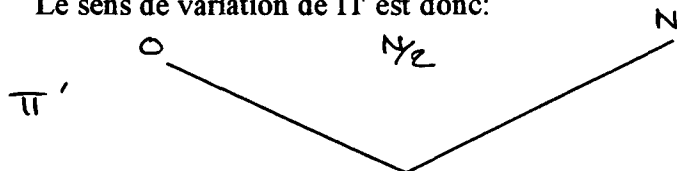
Afin de déterminer l'équilibre étudions la fonction Π

$$\Pi'(N_0) = L(N_0) - R(N_0) = \left[(N - N_0)^{\alpha-2} R(N + \alpha - 2)N_0 \right] - [\alpha + (2 - \alpha)RN_0^{\alpha-1}]$$

$\Pi''(N_0) > 0$ la fonction Π'' est donc monotone croissante. De plus $\Pi'' = (R - c)(1 - \alpha)\alpha N_0((N - N_0)^{\alpha-3} - N^{\alpha-3})$. Cette fonction s'annule en $N/2$.



Le sens de variation de Π' est donc:



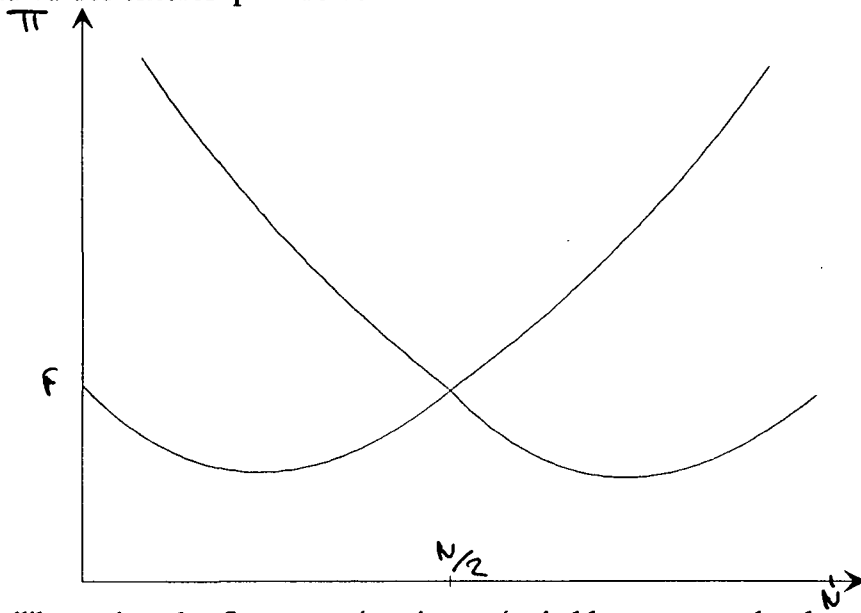
Le signe de Π' dépend de ses valeurs en 0, $N/2$ et N :

$$\Pi'(0) < 0 \text{ si } N^{\alpha-1} < \frac{\alpha c}{R}, \Pi'(N/2) < 0 \text{ si } N^{\alpha-1} < \frac{2^{\alpha-1} \alpha c}{2(\alpha-1)R}. \text{ Comme, } \frac{2^{\alpha-1} \alpha c}{2(\alpha-1)R} = \frac{\alpha c}{R} \frac{2^{\alpha-2}}{\alpha-1} > \frac{\alpha c}{R}$$

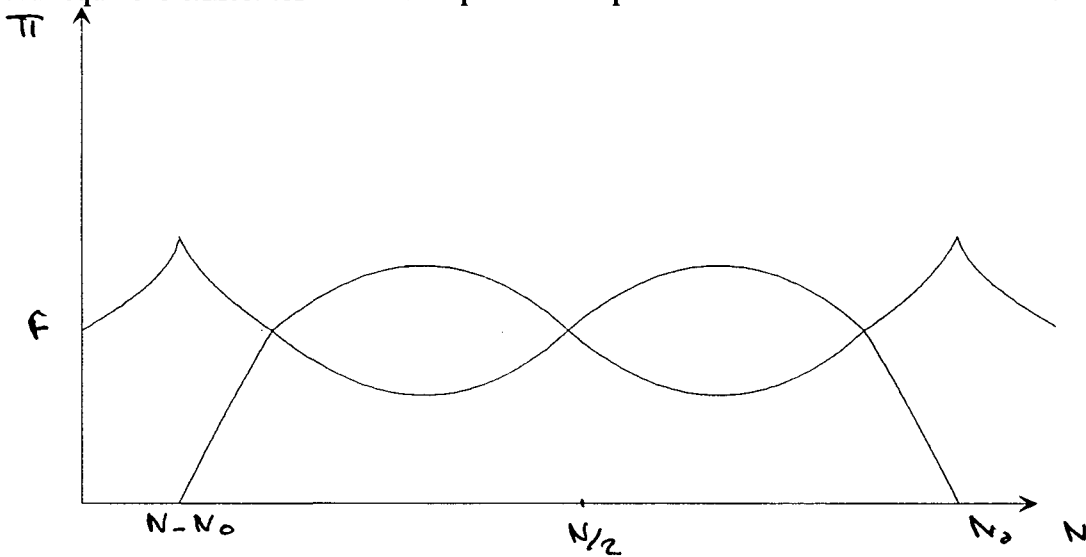
puisque $\frac{\alpha-1}{\alpha} < 1$ trois cas de figure se présente:

$$\Pi': \quad - \quad + \quad \text{ou} \quad + \quad - \quad + \quad \text{ou} \quad +$$

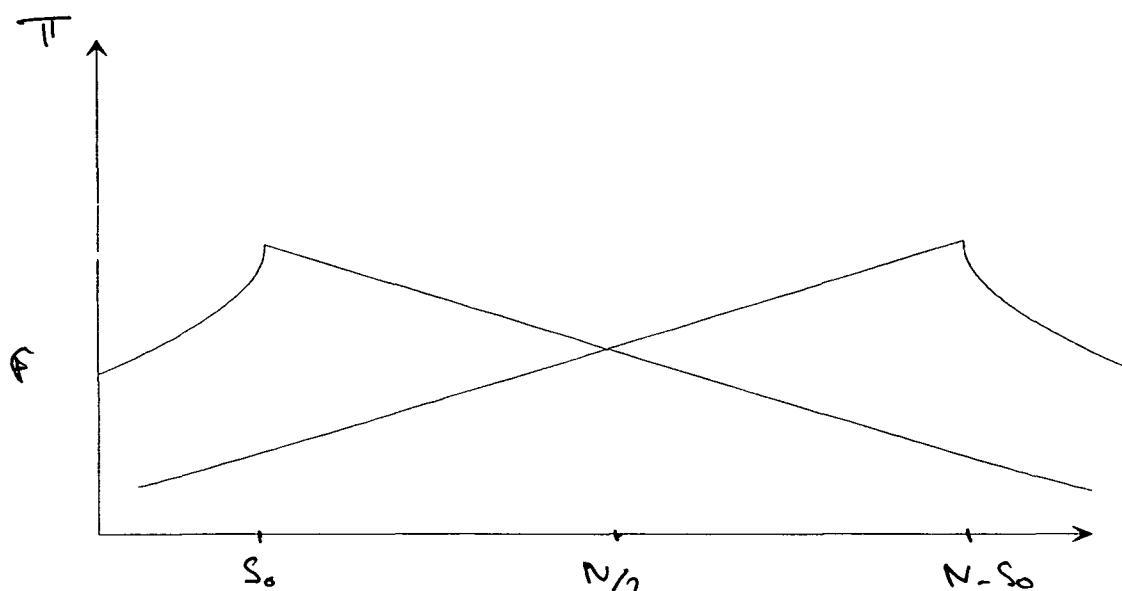
Représentons l'allure des deux profits dans ces trois cas et mettons en évidence les couples équilibres au vu des critères qu'ils doivent vérifier:



Un seul équilibre existe: les firmes se répartissent équitablement entre les deux variétés.



Trois couples équilibres répondent aux critères définis: les firmes peuvent toutes privilégier une variété ou au contraire se répartir équitablement entre les deux.



Les deux seuls équilibres existent du fait soit d'un nombre important de firmes viables ou en raison d'une forte préférence pour la variété: l'une ou l'autre des variétés drainent toutes les firmes du marché.

2- Décision optimale du régulateur

Si le gestionnaire de l'infrastructure pouvait imposer une catégorie de desserte au détriment de la coexistence des deux possibles, tout en laissant agir la concurrence en prix, déterminons pour quels paramètres il serait optimal qu'il prenne une telle décision qu'il le fasse du point de vue des consommateurs.

Si les deux variétés sont maintenues, par symétrie, le marché se segmente en deux parties égales. Le surplus des consommateurs est alors:

$$BE = 2 \int_0^{\frac{1}{2}} \left[\left(\frac{N}{2} \right)^{\alpha-1} \frac{R}{\alpha c} - t \right] dt = 2 \left(\frac{N}{2} \right)^{\alpha-1} \frac{R}{\alpha c} - \frac{1}{4}$$

Si le régulateur interdit l'une des deux variétés

$$BE = \int_0^1 \left[(N)^{\alpha-1} \frac{R}{\alpha c} - t \right] dt = (N)^{\alpha-1} \frac{R}{\alpha c} - \frac{1}{2}$$

Par conséquent, le gestionnaire de l'infrastructure est bien conduit à imposer la circulation d'un seul type de trains si:

$$N^{\alpha-1} > \frac{\alpha c}{4 \left(1 - \left(\frac{1}{2}\right)^{\alpha-1}\right) R}$$

Comparons ce seuil à $\frac{2^{\alpha-1} \alpha c}{2(\alpha-1)R}$. Ce dernier est plus grand si la préférence pour la variété est forte:

$$\frac{\alpha c}{R} > \frac{\alpha c}{4 \left(1 - \left(\frac{1}{2}\right)^{\alpha-1}\right) R} \text{ ssi } \alpha > 1 + \frac{3}{4} \ln 2$$

Pour $\alpha > 1 + \frac{3}{4} \ln 2$, le marché offre avec pour certaines valeurs de N deux variétés alors que les consommateurs dans leur ensemble se contenteraient d'une seule variété.

La préférence des agents pour la variété, proportionnelle au taux de marge, n'est pas assez importante pour permettre de compenser la vive concurrence qui existerait si toutes les entreprises offraient la même variété. En revanche cette préférence est suffisamment élevée pour que le régulateur souhaite la suppression d'une variété.

Conclusion

Nous retrouvons un résultat de même nature que dans la première partie: le marché peut sélectionner trop de variétés de la même façon qu'il offrait parfois trop de qualités.

En effet, lorsque les consommateurs sont plus sensibles à la fréquence totale de circulation qu'à la variété des dessertes, ces consommateurs, dans leur ensemble, sont prêts à renoncer à une variété, suppression rendant possible une fréquence de circulation pour la variété restante nettement supérieure. Cependant, lorsque une seule desserte (variété) est proposée, la concurrence entre les firmes est plus rude que lorsqu'elles se partageaient le marché entre deux dessertes. Il faut par conséquent que la préférence pour la fréquence soit très importante pour que les firmes puissent exploiter cette forte disponibilité à payer pour la fréquence de sorte à compenser cette perte de profit potentielle.

Le régulateur a donc parfois intérêt à fixer arbitrairement les gares desservies pour une relation donnée.

Bibliographie

Anderson, De Palma et Thisse, 1993, *Discrete choice theory of product differentiation* MIT Press.

Baumol et Sidack, 1994 *Toward competition in local telephony*, MIT Press

Bental et Spiegel, 1995, "Network Competition, Product Quality, and the Market Coverage in the Presence of Network Externalities", *The Journal of Industrial Economics*, 43, 197-208

Curien et Gensollen, 1989, "L'ouverture des réseaux: planification ou concurrence dans les télécommunications et autres services publics", *Annales d'Economie et Statistique* 15 16, 389-416

Church et Gandhal, 1992, "Complementarity Network Externalities and Technological Adoption" *Journal of Industrial Economics* 40, 85-103

Direction de l'Infrastructure de la SNCF, 1995, "L'utilisation des capacités de l'infrastructure: l'attribution des sillons"

De Palma et Leruth, 1989 "Congestion and game in capacity", *Annales d'Economie et Statistique* 15 16, 389-416

De Palma et Leruth, 1990, "Network Externalities with Double Purchase", CEME Discussion Paper, Université Libre de Bruxelles

De Palma et Leruth, 1992, "Equilibrium in Competing Networks with Differentiated Products", *Transportation Science*, 27, 73-80

Dixit et Stiglitz, 1977, "Monopolistic Competition and Optimal Product Diversity", *American Economic Review*, 67, 297-308

Economides, 1992 "Benefits and pitfalls of network interconnection", mimeo

Einhorn, 1992, "Mix and Match Compatibility with Vertical Product Dimensions", *Rand Journal of Economics*, 23, 535-547

Esser et Leruth, 1988, "Marketing Compatible, yet Differentiated Products: In search of Competitive Equilibria when Network Externalities are at Work" *International Journal of Research in Marketing* 5, 251-270

Encaoua, Moreaux et Michel 1992, "Network Competition: Joint Adoption versus Individual Decisions" *Annales d'Economie et Statistique* 25 26, 51-69

Encaoua, Moreaux et Perrot 1995, "Compatibility and competition in airlines: demand side network effect", à paraître dans *International Journal of Industrial Organization*

Farrell et Saloner, 1985 "Standardization, compatibility and innovation" *Rand Journal of Economics*, 16, 70-83

Farrell et Saloner, 1986, "Installed Base and Compatibility: Innovation, Product Preannouncement and Predation", *American Economic Review*, 76, 940-955

Farrell et Saloner, 1986, "Standardization and Variety" *Economic Letters*, 20, 71-74

Farrell et Saloner, 1988, "Coordination Through Committees and Market", *Rand Journal of Economics*, 19, 235-252

Farrell et Saloner, 1992, "Converters, Compatibility, and the Control of Interfaces", *Journal of Industrial Economics*, 9-35

Farrell et Saloner, 1994, "Choosing How to Compete: Strategies and Tactics in Standardization", *Journal of Economic Perspectives*, 8, 117-131

Flochel, 1995, "

Journal Officiel de la République française, 15 mai 1995

Katz et Shapiro, 1985 "Technology adoption in the presence of network externalities" *American Economic Review*, 75, 424-440

Katz et Shapiro, 1986a, "Technology Adoption in the Presence of Network Externalities", 94, 822-841

Katz et Shapiro, 1986b, "Product Compatibility Choice in a Market with Technological Progress", *Oxford Economic Papers*,

Katz et Shapiro, 1992, "Product Introduction with Network Externalities", *Journal of Industrial Economics*, 40, 55-83

Katz et Shapiro, 1994, "Systems Competition and Network Effects", *Journal of Economic Perspectives*, 8, 93-115

Laffont et Tirole, 1994a, *A theory of incentives in procurement and regulation*, MIT Press

Laffont et Tirole, 1994b, "Creating competition through interconnection: theory and practice", working paper: IDEI

Matutes et Régibeau, 1988, "Mix and Match: product compatibility without network externality", *Rand Journal of Economics*, 19, 221-234

Mussa Rosen, 1978, "Monopoly and Product Quality", *Journal of Economic Theory*, 18, 301-317

Myerson, 1994 *Game Theory, Analysis of Conflict* Harvard University Press

Neven et Thisse, "Choix des produits: concurrence en qualité et en variété", *Annales d'Economie et Statistique*,

Perrot, 1992, "Compatibility, Networks and Competition: A review of Recent Advances", *Transportation Science*, 27, 62-72

Sauvant, 1995, "Note de réflexion sur la saturation des infrastructures ferroviaires", Document de travail, Ministère de l'Équipement, des Transports, de l'aménagement du territoire et du Tourisme, Direction des Transports Terrestres

Shaked et Sutton, 1982, "Relaxing Price Competition through Product Differentiation", *Review of Economic Studies*, 49, 3-13

Shaked et Sutton, 1983, "Natural Oligopolies", *Econometrica*, 51, 1469-1483

Shaked et Sutton, 1987, "Product Differentiation and Industrial Structure", *The Journal of Industrial Economics*, 36, 131-146

Tirole, 1988 *Theory of Industrial Organization*, MIT Press

Varian, 1984 *Microeconomic Analysis* North Holland