Localisation et endogénéité des structures d'échanges

Kristian Behrens

LATEC

LABORATOIRE D'ANALYSE ET DE TECHNIQUES ÉCONOMIQUES

UMR 5118 CNRS

DOCUMENT DE TRAVAIL

CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DE BOURGOGNE

Pôle d'Économie et de Gestion
2, bd Gabriel - BP 26611 - F-21066 Dijon cedex - Tél. 03 80 39 54 30 - Fax 03 80 39 54 43
Courrier électronique : secretariat.latec@u-bourgogne.fr

ISSN : 1260-8556

n° 2003-08

Localisation et endogénéité des structures d'échanges

Kristian BEHRENS

Avril 2003

Localisation et endogénéité des structures d'échanges

KRISTIAN BEHRENS [‡]

LATEC

UNIVERSITÉ DE BOURGOGNE

9 Avril 2003

‡ LATEC, Université de Bourgogne, Pôle d'Économie et de Gestion, B.P. 26611, 21066 Dijon CEDEX, France (email : KristianBehrens@aol.com). Cet article a été préparé pour soumission dans la Revue Economique. Nous remercions Jean-Marie Huriot et Christian Michelot pour leurs commentaires.

Abstract

We develop a model that investigates how strategically interacting firms share a given set of spatially separated markets. We show that, for intermediate values of transport costs, the spatial distribution of firms determines the structure of interregional trade, which in return influences this distribution. Our results highlight the strong and circular link between the spatial distribution of economic activities and the *endogenous* structure of trade. Further, they suggest that agglomeration of firms is not necessarily incompatible with high values of transport costs.

Résumé

Nous développons un modèle qui analyse comment des entreprises interagissant stratégiquement se partagent un ensemble de marchés spatialement séparés. Nous montrons que, pour des valeurs intermédiaires des coûts de transport, la répartition spatiale des entreprises détermine la structure des échanges interrégionaux, laquelle influence en retour cette distribution. Nos résultats mettent en évidence le lien étroit et circulaire existant entre la distribution spatiale de l'activité économique et la structure *endogène* des échanges. De plus, ils suggèrent que l'agglomération des entreprises n'est pas nécessairement incompatible avec des coûts de transport élevés.

Keywords : localisation, structure d'échanges, endogénéïté, agglomération

JEL Classification : R32, F12, L10, L13

1. Introduction

Depuis l'article fondateur de Krugman [11], la "Nouvelle" Economie Géographique (NEG) a connu de nombreux développements et raffinements (voir Fujita *et al.* [2], Puga [15] et Ottaviano *et al.* [13]). Le résultat fondamental mis en évidence dans cette littérature est que *l'activité économique a tendance à se disperser lorsque les coûts de transport sont élevés, tandis qu'elle s'agglomère lorsque les coûts de transport sont suffisamment faibles*. Ce résultat semble expliquer de manière satisfaisante l'évolution de la répartition spatiale des activités économiques dans les pays développés, suite à la baisse séculaire des coûts de transport depuis la Révolution Industrielle (Hohenberg et Lees [7]). En effet, comme le font remarquer Fujita et Thisse [4], *"les coûts de transport doivent être faibles pour que les entreprises s'agglomèrent. En d'autres termes, les entreprises doivent être capables d'accéder de manière égale à tous les marchés"*. Bien qu'il soit très difficile d'estimer le niveau des coûts de transport interrégionaux, il semble que la plupart des pays en voie de développement soient caractérisés par des coûts élevés et des distorsions significatives concernant les différents accès aux marchés régionaux. Par conséquent, la NEG aurait tendance à prédire la dispersion des activités économiques dans de tels pays, alors qu'elles sont souvent fortement concentrées malgré de mauvaises infrastructures et des coûts de transport interrégionaux élevés. Comment expliquer dans le cadre de la NEG la formation d'agglomérations conurbaines gigantesques comme Bangkok en Thaïlande ou Mexico City au Mexique ? Comment expliquer des inégalités régionales flagrantes comme entre le Sud-Est et le Nord brésilien ? [1]

Dans cet article, nous mettons en évidence le fait que coûts de transport élevés n'est pas automatiquement synonyme de dispersion de l'activité économique lorsque l'on tient compte de la *structure des échanges*. Nous montrons en particulier que

[1] Les quatres régions (estados) du Sud-Est brésilien (São Paulo, Espirito Santo, Minas Gerais et Rio de Janeiro), bien que correspondant seulement à 10.85% du territoire, capitalisent 42.63% de la population et 58.7% du produit intérieur brut. Parmi ces quatres régions, São Paulo représente seulement 25% de la superficie mais contient 50% de la population (Source : http://www.terravista.pt/Enseada/1347/en_southeast.htm, accédée le 04.03.2003).

si *les entreprises ne sont pas capables d'accéder de manière égale aux différents marchés*, l'agglomération peut être un équilibre en cas de coûts de transport élevés car la dispersion entraînerait une fragmentation trop importante de la demande. Ce résultat illustre le fait que la structure des échanges entre régions joue un role fondamental dans la détermination de l'équilibre. A notre connaissance, cet aspect a été négligé car les modèles de la NEG supposent que la *structure des échanges interrégionaux est bilatérale et ne dépend pas de la répartition spatiale de l'activité économique* (voir Krugman [11], Fujita *et al.* [2] et Ottaviano *et al.* [13]). [2] Or on sait qu'en réalité la structure des échanges intraindustrie n'est pas nécessairement bilatérale. Head et Mayer [6] insistent sur le fait que tandis que *"les modèles de concurrence monopolistique prédisent des quantités positives d'échanges entre partenaires dans chaque industrie* [...] *la Grèce, l'Irlande et le Portugal ont plus de 5% de zéros dans leurs flux d'échanges intra-industrie avec leurs partenaires"*. Ces chiffres, obtenus pour des pays développés, montrent que l'asymétrie dans les structures d'échanges joue un rôle non-négligeable au niveau international. Nous pensons que ces asymétries sont encore plus importantes au niveau interrégional, surtout dans des pays en voie de développement avec des coûts de transport interrégionaux élevés. [3]

Afin d'examiner l'interdépendance entre la structure des échanges et la distribution spatiale de l'activité économique, nous développons dans cet article un modèle à deux étapes et deux entreprises qui interagissent stratégiquement et se concurrencent d'abord en termes de localisation puis ensuite en termes de prix. Nous supposons que les firmes sont à la fois différenciées horizontalement (par le produit) et verticalement (par la localisation) et qu'elles pratiquent une politique tarifaire discriminatoire con-

---

[2] Dans les modèles de la NEG, le commerce intraindustrie entre régions est toujours "potentiellement" bilatéral, quel que soit le niveau des coûts de transport et quelle que soit la répartition spatiale des entreprises. Ceci est probablement du au fait que la NEG est largement issue des théories du commerce international, dans lesquelles on suppose systématiquement que les biens sont mobiles.

[3] Dans certains pays comme la Chine, il est plus avantageux d'importer des biens (même si certaines régions les produisent) que de les expédier entre régions. Ce fait illustre bien que les coûts de transport interrégionaux restent encore élevés, tout particulièrement pour les régions situées à l'intérieur du pays (*landlocked*).

sistant à fixer un prix par marché. Nous montrons que la structure des échanges ne dépend pas de la distribution spatiale des entreprises lorsque les coûts de transport sont soit très élevés, soit très faibles. Par contre, *pour des valeurs intermédiaires des coûts de transport, la structure des échanges interrégionaux devient endogène et dépend de la répartition spatiale des entreprises.* Ainsi, notre modèle se rapproche beaucoup de ceux que l'on trouve dans la littérature récente sur les *hubs* de transport et la *formation endogène de réseaux*, et qui mettent l'accent sur l'importance de l'endogénéité des structures de transports et d'échanges (voir Konishi [10] et Mori et Nishikimi [12]).

L'endogénéité de la structure des échanges nous permet de mettre en évidence trois points importants. D'abord, *le nombre d'équilibres augmente* car à chaque structure est associée un ensemble d'équilibres (en multipliant les structures on multiplie les équilibres). Ensuite, *la relation entre coûts de transport et agglomération n'est plus forcément monotone* lorsque l'on tient compte des changements possibles de structure. Finalement, *les firmes peuvent s'agglomérer en dépit de coûts de transport élevés,* car la dispersion peut entraîner une fragmentation excessive de la taille du marché.

Le reste de l'article est organisé de la manière suivante. Dans le deuxième paragraphe, nous explicitons la politique de prix des entreprises et nous décrivons l'équilibre en prix dans chaque marché. Nous explicitons ensuite, dans le troisième paragraphe, l'équilibre en localisation obtenue dans un cadre avec deux régions symétriques. Nous montrons que l'on peut observer l'agglomération des firmes pour des valeurs élevées des coûts de transport et que la structure d'équilibre est relativement stable par rapport à une modification de ces coûts. Le dernier paragraphe illustre à l'aide d'un exemple comment on peut généraliser notre approche au cas de plus de deux régions. Quelques conclusions sont présentées en fin d'article.

2. Tarification discriminatoire et équilibre en prix

Dans ce paragraphe, nous décrivons les stratégies de prix et l'équilibre en prix d'une industrie horizontalement *et* verticalement différenciée.

2.1. Tarification discriminatoire

Nous supposons que les entreprises discriminent spatialement par les prix, c'est-à-dire qu'elles fixent un prix par marché. Cette hypothèse peut essentiellement être justifiée de deux manières. D'abord, c'est un fait empirique que la discrimination spatiale par les prix est une politique tarifaire souvent employée par les entreprises. [4] Greenhut [5] estime qu'environ deux-tiers des entreprises américaines se servent d'une telle politique de prix, tandis que Wolf [19] et Head et Mayer [6] montrent que la plupart des marchés américains et européens restent très segmentés (et donc vulnérables à de telles politiques tarifaires discriminatoires). Ensuite, il a été montré théoriquement par Thisse et Vives [18] qu'une telle politique de prix est susceptible d'émerger comme stratégie d'équilibre des entreprises. Notons finalement que cette hypothèse permet aussi de réduire significativement la complexité analytique du modèle.

Supposons que les entreprises supportent l'intégralité des coûts de transport, quitte à en refacturer une partie au consommateur final. Nous indiçons les entreprises par i ainsi que les régions par j et k. La demande d'un consommateur dans la région k, adressée à l'entreprise i installée dans la région j, est donnée par

$$x_i^{jk}(p_i^{jk}, p_{-i}^{k}) = a - bp_i^{jk} + cf(p_{-i}^{k}), \tag{1}$$

où p_i^{jk} est le prix que fixe l'entreprise i dans la région k lorsqu'elle est localisée en j, p_{-i}^{k} est le vecteur des $n-1$ prix fixés par les autres entreprises dans le marché de la région k, $a > 0$ et $b > c > 0$ sont des coefficients liés aux préférences des consommateurs et $f : \mathbb{R}^{n-1} \to \mathbb{R}$ est une fonction continue et croissante liée aux conditions générales d'offre et de demande dans l'industrie. [5] Le paramètre a peut être interprété comme un indicateur de la préférence pour le bien différencié de l'industrie, tandis que le paramètre c est un indicateur inverse de la substituabilité entre variétés. Si

[4] L'expression "politique tarifaire" est à prendre au sens de Hurter et Lederer [9] comme "*une fonction qui spécifie le prix auquel une entreprise offre son bien dans chaque marché en fonction des localisations de chaque entreprise*".

[5] L'hypothèse $b>c$ est fondamentale. Sa justification économique ne pose pas de problèmes car elle exprime simplement le fait que l'élasticité-prix directe est plus élevée que l'élasticité-prix croisée.

$c = 0$, les variétés sont indépendantes (absence d'effets-prix croisés) et plus c est élevé, plus les variétés sont substituables. Finalement, b est lié à l'élasticité de la demande globale. Notons que pour f bien choisie, des fonctions de demande linéaires comme celles données par l'expression (1) peuvent êtres dérivées d'une fonction d'utilité quadratique (se reporter à Ottaviano *et al.* [13] pour plus de détails). Comme le montre l'expression (1), les demandes sont décroissantes à taux constant $-b < 0$ par rapport à p_i^{jk}, ce qui implique l'existence d'un prix limite au delà duquel les demandes ne sont plus positives (le *prix de réserve* des consommateurs). Clairement, la demande x_i^{jk} sera positive si et seulement si

$$p_i^{jk} \leq \tilde{p}_i^k := \frac{a + cf(p_{-i}^k)}{b}. \tag{2}$$

Afin de s'assurer que le modèle est bien spécifié pour tout vecteur de prix $p \in \mathbb{R}^n$, nous introduisons les *fonctions de demande étendues*

$$x_i^{jk} = \left[a - bp_i^{jk} + cf(p_{-i}^k)\right]^+, \tag{3}$$

où $[f]^+ := \max\{0, f\}$ est la partie positive de f. Comme le montre (3), les fonctions de demande étendues sont affines par morceaux, convexes et non-différentiables. Etant convexes, elles admettent des dérivées directionnelles, données par

$$(x_i^{jk})'_g = \begin{cases} +b & \text{si} \quad p_i^{jk} \leq \tilde{p}_i^k \\ 0 & \text{si} \quad p_i^{jk} > \tilde{p}_i^k \end{cases} \tag{4}$$

et

$$(x_i^{jk})'_d = \begin{cases} -b & \text{si} \quad p_i^{jk} < \tilde{p}_i^k \\ 0 & \text{si} \quad p_i^{jk} \geq \tilde{p}_i^k \end{cases} \tag{5}$$

où les indices g et d se réfèrent au dérivées directionnelles à gauche et à droite. Se servant de l'égalité bien connue $\max\{x_1, x_2\} = \frac{1}{2}(x_1 + x_2) + \frac{1}{2}|x_1 - x_2|$, on en déduit finalement

$$x_i^{jk} = \tfrac{1}{2}\left[a - bp_i^{jk} + cf(p_{-i}^k)\right] + \tfrac{1}{2}\left|a - bp_i^{jk} + cf(p_{-i}^k)\right|. \tag{6}$$

Examinons le problème de maximisation du profit de l'entreprise. Traditionellement, on ne s'intéresse qu'au choix d'un prix et on néglige un aspect stratégique fondamental : celui du choix des marchés dans lesquels l'entreprise va être active. Afin de ne pas trop compliquer le modèle, nous n'allons pas introduire de choix stratégiques de marchés au sens strict mais nous allons traiter *à la fois du choix des prix et du choix des marchés actifs par le biais du problème de maximisation du profit*. Cette approche particulière fournit un modèle dans lequel les entreprises sont myopes et opèrent dans chaque marché dans lequel elles peuvent faire au moins un profit nul à court terme. [6] Le fait que la plupart des choix de marché s'inscrivent dans des considérations stratégiques à moyen et long terme sera négligé par souci de simplicité.

Chaque entreprise a deux types de marchés : des *marchés actifs* dans lesquels elle peut profitablement opérer et vendre une partie de sa production, et des *marchés inactifs* dans lesquels elle ne peut pas vendre avec profit. Le produit de l'entreprise sera dit *échangeable* dans un certain marché s'il est effectivement vendu dans ce marché et sera dit *non-échangeable* dans ce marché sinon. Nous allons exposer plus loin les principaux facteurs qui déterminent si une variété est échangeable ou ne l'est pas (dans ce modèle, toutes les variétés ne sont que *potentiellement échangeables*). Même si une entreprise n'est pas active dans un certain marché, nous supposons qu'elle fixe un *prix fictif* dans ce marché. Ce prix peut être interprété comme le prix que les consommateurs auraient à payer afin de pouvoir acheter ce bien dans le marché. Comme l'ont justement noté Ottaviano et Thisse [14], *"c'est précisément parce qu'en cet endroit le prix potentiel est soit trop élevé pour les acheteurs, soit trop bas pour les producteurs que le bien correspondant n'est pas échangé"*.

---

[6] Nous supposons que les profits ne sont pas transferables entre marchés, ce qui signifie que l'entreprise ne peut pas se servir de gains acquis dans un marché pour compenser les pertes subies dans un autre. Cette hypothèse de *séparation stricte de marché* est normalement vérifiée pour de petites et moyennes entreprises mais ne décrit pas de manière satisfaisante le comportement de grandes entreprises multinationales, lesquelles peuvent souvent pénétrer à perte certains marchés stratégiques et compenser ces pertes par des rentes de quasi-monopole qu'elles réalisent sur d'autres marchés (ou dans d'autres pays). De nombreux pays se sont dotés de législations "anti-dumping", ce qui montre bien que de telles stratégies prédatrices jouent un rôle non-négligeable dans le monde réel.

Comment l'entreprise fixe-t-elle son prix ? Supposons, sans perte de généralité, que le coût de production de chaque entreprise est composé d'un coût fixe ϕ (exprimé en termes de travailleurs mobiles) et d'un coût marginal constant normalisé à zéro. Supposons de plus que chaque entreprise est la seule à produire une variété distincte d'un bien de consommation finale et que la masse (exogène) de consommateurs dans chaque région k est donnée par $A_k \geq 0$. Si une entreprise i, installée dans la région j, fixe un prix p_i^{jk} dans la région k, son revenu brut dans cette région est donné par

$$\pi_i^{jk} = A_k(p_i^{jk} - \tau_{jk})x_i^{jk}(p_i^{jk}, p_{-i}^k), \tag{7}$$

où $\tau_{jk} \geq 0$ est le coût unitaire de transport pour envoyer le produit de la région j à la région k. Par hypothèse sur les coûts de production, maximiser le profit revient à maximiser ce revenu brut.

Le problème fondamental auquel fait face l'entreprise lorsqu'elle veut vendre dans une région est mis en évidence par les expressions (2) et (7). D'un coté, comme le montre la condition (2), la firme doit fixer un prix *suffisamment bas pour qu'elle puisse capter une part du marché*. D'un autre coté, comme le montre l'expression (7), ce prix doit être assez élevé pour permettre à l'entreprise d'absorber au minimum les coûts de transport. Comme ces deux exigences sont a priori opposées, il se peut qu'il soit impossible pour l'entreprise de les satisfaire *simultanément* pour certaines régions. Dans ce cas, la stratégie maximisatrice de l'entreprise est de fixer un prix tel que la demande qui lui est adressée soit nulle (ce que nous considérons comme un "choix" délibéré de l'entreprise de ne pas être active dans ce marché). L'entreprise ne sera active dans un marché que si elle peut fixer un prix *en dessous du prix de réserve des consommateurs et compatible avec le niveau des coûts de transports*.

Se servant des expressions (4) and (5), nous obtenons comme dérivées directionnelles à droite et à gauche du profit (7) par rapport à p_i^{jk}

$$(\pi_i^{jk})'_g = A_k\left[x_i^{jk} + (p_i^{jk} - \tau_{jk})(x_i^{jk})'_g\right] \tag{8}$$

$$(\pi_i^{jk})'_d = A_k\left[x_i^{jk} + (p_i^{jk} - \tau_{jk})(x_i^{jk})'_d\right]. \tag{9}$$

Les conditions d'optimalité dans les deux cas de figure possibles (celui de l'entreprise active et celui de l'entreprise inactive) peuvent être traitées de la manière suivante. Premièrement, nous savons que la condition $0 \in [(\pi_i^{jk})'_g, (\pi_i^{jk})'_d]$ est toujours nécessaire pour que p_i^{jk} soit un prix optimal. Les expressions (4), (5), (6), (8) et (9) permettent de vérifier que cette condition est toujours satisfaite pour tout prix $p_i^{jk} \geq \tilde{p}_i^k$, car pour ces prix la demande est identiquement nulle. Cette *solution en coin* est optimale si

$$\lim_{\substack{p_i^{jk} \to \tilde{p}_i^k \\ p_i^{jk} < \tilde{p}_i^k}} \pi'_g(i) = a + cf(p_{-i}^k) - b\tau_{jk} \leq 0. \tag{10}$$

Lorsque la condition (10) est satisfaite, le profit de la firme croît de manière monotone lorsque son prix tend vers le prix de réserve des consommateurs, lequel maximise le profit (au sense strict, ce prix minimise les pertes de la firme sur le marché). On peut voir à partir de (2) que la condition (10) est satisfaite si et seulement si $\tau_{jk} \geq \tilde{p}_i^k$, c'est-à-dire si et seulement si

$$\tau_{jk} \geq \frac{a + cf(p_{-i}^k)}{b}. \tag{11}$$

Nous supposons à présent que si (11) est vérifiée, l'entreprise fixe *le plus petit prix compatible avec un profit nul* (c'est-à-dire elle fixe $\bar{p}_i^{jk} = \tilde{p}_i^k$). La condition (11) illustre bien les facteurs qui déterminent si l'entreprise i va vendre dans la région k ou non. Cela dépend du coût de transport de j vers k, du degré de concurrence dans la région k (capté par l'indice des prix) et du degré de substituabilité entre variétés (matérialisé par les coefficients b et c). En particulier, plus les variétés sont indépendantes et la demande inélastique (c'est-à-dire plus b est faible), plus l'entreprise peut absorber un coût de transport important et être présente dans le marché k. Lorsque la compétition dans le marché k est forte, l'indice de prix $f(p_{-i}^k)$ sera faible, ce qui implique que l'entreprise ne pourra être présente dans ce marché que si elle choisit une localisation j telle que le coût de transport τ_{jk} soit suffisamment faible.

Examinons ensuite le second cas $\tau_{jk} < \tilde{p}_i^k$ qui viole la condition (11). Dans ce cas, l'entreprise peut profitablement vendre dans la région k (nous appellerons une telle solution une *solution intérieure*). Comme on peut se restreindre aux prix $p_i^{jk} < \tilde{p}_i^k$, la fonction de profit (7) est différentiable et la condition d'optimalité se réduit à la condition classique de dérivée nulle (laquelle est nécessaire et suffisante, car la fonction π_i^{jk} est concave pour $p_i^{jk} < \tilde{p}_i^k$). La condition d'optimalité est ainsi donnée par

$$(\pi_i^{jk})'_g = (\pi_i^{jk})'_d = (\pi_i^{jk})' = a - 2bp_i^{jk} + cf(p_{-i}^k) + b\tau_{jk} = 0,$$

ce qui implique que le prix optimal de l'entreprise i dans la région k est donné par

$$\bar{p}_i^{jk} = \frac{a + b\tau_{jk} + cf(p_{-i}^k)}{2b} = \tfrac{1}{2}\left(\tilde{p}_i^k + \tau_{jk}\right). \tag{12}$$

Il est important de réaliser qu'un profit strictement positif est synonyme d'une demande strictement positive, alors que la réciproque n'est pas vraie (à cause des coûts de transport). Comme le montre bien l'expression (12), le prix optimal est décroissant avec le degré de concurrence dans la région k et croissant avec le coût de transport et le degré de différenciation des produits.

En combinant les deux cas, le prix optimal fixé par l'entreprise i, localisée en j, dans la région k est donné par

$$\bar{p}_i^{jk} = \begin{cases} \frac{1}{2}\left(\tilde{p}_i^k + \tau_{jk}\right) & \text{si} \quad \tau_{jk} < \tilde{p}_i^k \\ \tilde{p}_i^k & \text{sinon.} \end{cases} \tag{13}$$

2.2. Equilibre en prix

Comme le cas général avec n entreprises est difficile à analyser, nous développons dans le reste de cet article une version simplifiée du modèle avec juste deux entreprises. Commençons avec le jeux que jouent les firmes en prix *dans chaque marché*. Notons que les fonctions de profit (7) des firmes dans chaque marché sont quasi-concaves et continues (mais non-différentiables). Comme l'ensemble Ω^k des vecteurs de prix admissibles dans la région k, donné par

$$\Omega^k = [0, \tilde{p}_1^k] \times [0, \tilde{p}_2^k] \tag{14}$$

est convexe et compact, la quasi-concavité et la continuité des profits impliquent qu'il existe toujours un équilibre de Nash en stratégies pures.

Par souci de simplicité, nous supposons que $f(p^k_{-i}) = \sum_{j \neq i} p^k_j$, c'est-à-dire que l'indice des prix est donné par la somme des prix individuels des entreprises (voir aussi Ottaviano *et al.* [13]). Commençons par une description abstraite de l'équilibre en prix dans laquelle nous n'explicitons ni les localisations des entreprises, ni la région dans laquelle elles vendent. Supposons que l'entreprise 1 (resp. l'entreprise 2) puisse accéder au marché considéré moyennant un coût unitaire $\tau_1 \geq 0$ (resp. $\tau_2 \geq 0$). Dans ce cas, les prix optimaux (13) sont donnés par

$$\bar{p}_1 = \begin{cases} \frac{1}{2}(\tilde{p}_1 + \tau_1) & \text{si} \quad \tau_1 < \tilde{p}_1 \\ \tilde{p}_1 & \text{sinon} \end{cases} \tag{15}$$

et

$$\bar{p}_2 = \begin{cases} \frac{1}{2}(\tilde{p}_2 + \tau_2) & \text{si} \quad \tau_2 < \tilde{p}_2 \\ \tilde{p}_2 & \text{sinon} \end{cases} \tag{16}$$

où

$$\tilde{p}_1 = \frac{a + cp_2}{b} \quad \text{et} \quad \tilde{p}_2 = \frac{a + cp_1}{b} \tag{17}$$

sont respectivement les prix de réserve des consommateurs pour le produit de la firme 1 et de la firme 2. Comme le montrent les expressions (15) et (16), les prix relatifs et les coûts de transport relatifs jouent un rôle fondamental dans la détermination des prix et de la structure d'équilibre. Trois cas doivent être distingués.

Il y a d'abord le cas où le marché n'est *pas couvert*, c'est-à-dire aucune des deux entreprises ne vend dans le marché. C'est le cas lorsque les coûts de transport des deux entreprises sont relativement élevés et les variétés peu différenciées. Il y a ensuite le cas où le marché est *partiellement couvert*, c'est-à-dire que seule l'une des deux entreprises est active tandis que l'autre se retire. Cela peut se produire lorsque le différentiel de coûts d'accès est élevé par rapport au degré de différentiation des produits. Enfin, il y a le cas où le marché est *couvert*, c'est-à-dire le cas où les deux entreprises sont simultanément actives. Ce dernier cas montre bien que notre approche se distingue des approches plus classiques avec biens homogènes où seule l'entreprise au coût total le plus faible est active en chaque localisation (voir par exemple Hurter et Lederer [9]).

Décrivons l'équilibre en prix dans les trois cas. Supposons, pour commencer, que le marché n'est pas couvert. D'après les expressions (15) et (16), ceci se produit si et seulement si

$$\tau_1 \geq \tilde{p}_1 \quad \text{et} \quad \tau_2 \geq \tilde{p}_2. \tag{18}$$

Dans ce cas, les prix d'équilibre vérifient les conditions

$$\bar{p}_1 = \frac{a + c\bar{p}_2}{b} \quad \text{et} \quad \bar{p}_2 = \frac{a + c\bar{p}_1}{b},$$

ce qui nous donne finalement

$$\bar{p}_1 = \bar{p}_2 = \frac{a}{b-c}. \tag{19}$$

En substituant les prix d'équilibre (19) dans l'expression des prix de réserve (17), les conditions (18) sont finalement données par

$$\tau_1 \geq \frac{a}{b-c} \quad \text{et} \quad \tau_2 \geq \frac{a}{b-c}. \tag{20}$$

Prises ensemble, les expressions (19) et (20) décrivent l'équilibre en prix lorsque le marché n'est pas couvert.

Considérons ensuite le cas où seule une entreprise (disons l'entreprise 1) est active dans le marché. Se servant des expressions (15) and (16), ceci se produit si et seulement si

$$\tau_1 < \tilde{p}_1 \quad \text{et} \quad \tau_2 \geq \tilde{p}_2. \tag{21}$$

Dans ce cas, les prix d'équilibre vérifient les conditions

$$\bar{p}_1 = \frac{a + c\bar{p}_2 + b\tau_1}{2b} \quad \text{et} \quad \bar{p}_2 = \frac{a + c\bar{p}_1}{b},$$

ce qui nous donne finalement

$$\bar{p}_1 = \frac{a(b+c)+b^2\tau_1}{2b^2-c^2} \quad \text{et} \quad \bar{p}_2 = \frac{a(2b+c)+cb\tau_1}{2b^2-c^2}. \tag{22}$$

Remarquons que $b^2 > cb$ car par définition $b > c$. Ainsi, l'impact des coûts de transport de l'entreprise 1 est plus fort sur son propre prix d'équilibre que sur celui de l'entreprise 2. En substituant les prix d'équilibre (22) dans les prix de réserve (17), les conditions (21) sont données par

$$\tau_1 < \frac{a}{b-c} \quad \text{et} \quad \tau_2 \geq \frac{a(2b+c)+cb\tau_1}{2b^2-c^2}. \tag{23}$$

Prises ensemble, les expressions (22) et (23) décrivent l'équilibre en prix lorsque le marché n'est que partiellement couvert (par l'entreprise 1 dans ce cas). Des expressions symétriques peuvent être obtenues dans le cas où seule l'entreprise 2 couvre le marché.

Considérons finalement le cas où les deux entreprises sont actives, c'est-à-dire le cas où le marché est couvert. D'après les expressions (15) et (16), cela se produit si et seulement si

$$\tau_1 < \tilde{p}_1 \quad \text{et} \quad \tau_2 < \tilde{p}_2. \tag{24}$$

Dans ce cas, les prix d'équilibre vérifient les conditions

$$\bar{p}_1 = \frac{a+c\bar{p}_2+b\tau_1}{2b} \quad \text{et} \quad \bar{p}_2 = \frac{a+c\bar{p}_1+b\tau_2}{2b},$$

ce qui nous donne finalement

$$\bar{p}_1 = \frac{a(2b+c)+b(2b\tau_1+c\tau_2)}{(2b+c)(2b-c)} \quad \text{et} \quad \bar{p}_2 = \frac{a(2b+c)+b(2b\tau_2+c\tau_1)}{(2b+c)(2b-c)}. \tag{25}$$

En substituant les prix d'équilibre (25) dans les prix de réserve (17), les conditions (24) sont données par

$$\tau_1 < \frac{a(2b+c)+cb\tau_2}{2b^2-c^2} \quad \text{et} \quad \tau_2 < \frac{a(2b+c)+cb\tau_1}{2b^2-c^2}. \tag{26}$$

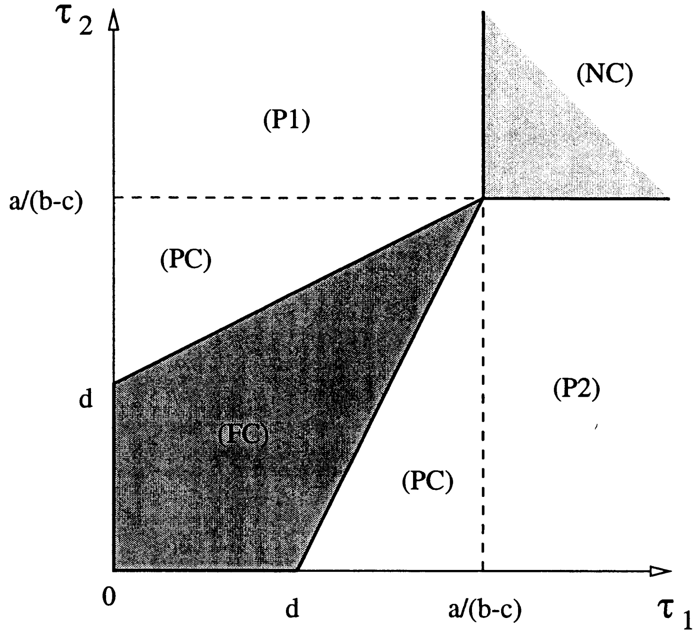

Figure 1: Structure des échanges avec deux firmes

Prises ensemble, les expressions (25) et (26) décrivent l'équilibre en prix lorsque le marché est couvert. Les différents cas de l'équilibre en prix peuvent se visualiser dans l'espace (τ_1, τ_2).

Comme le montre la figure 1, lorsque les coûts de transport des deux entreprises sont élevés, le marché n'est pas couvert (la zone ombrée gris claire (NC)). Si les deux coûts de transport sont suffisamment faibles *et pas trop différents*, le marché sera couvert (la zone ombrée gris foncé (FC)). Lorsque les coûts de transport ne sont pas trop élevés, mais lorsque les coûts de l'entreprise 1 (resp. de l'entreprise 2) sont élevés par rapport à ceux de l'entreprise 2 (resp. de l'entreprise 1), le marché ne sera couvert que par l'entreprise 2 (resp. l'entreprise 1) (les deux zones contiguës (P1)+(PC) et (P2)+(PC) respectivement). Notons que la valeur d qui apparaît sur la figure 1 est donnée par

$$d := \frac{a(2b+c)}{2b^2 - c^2} \leq \frac{a}{b-c}.$$

Lorsque les variétés deviennent plus indépendantes (lorsque c diminue), la zone (FC) correspondant à un marché couvert s'élargit progressivement (à la limite, lorsque

$c \to 0$, elle coïncide avec le carré tracé en pointillé). Dans ce cas limite, lorsqu'une entreprise n'opère pas dans le marché ceci est *exclusivement dû à des coûts d'accès excessifs et non pas à la compétition en prix.* Par conséquent, les deux triangles (PC) peuvent être interpretés comme étant les "zones compétitives" dans lesquelles *la présence d'une des deux entreprises suffit à exclure l'autre* (qui aurait pu opérer de manière profitable, à condition d'être seule dans le marché). Comme on peut s'y attendre, ces "zones compétitives" disparaissent lorsque les produits deviennent indépendants.

Notons pour conclure ce paragraphe que, ayant supposé que les entreprises ont recours à une politique de tarification discriminatoire, les résultats précédents s'appliquent à chaque marché séparément. Par conséquent, *la structure d'équilibre de la demande dans chaque marché est déterminée par le différentiel de coûts de transport des deux entreprises.* L'importance du rôle des différentiels de coûts de transport est bien connue en théorie de la localisation. Son importance a été récemment soulignée par Tabuchi et Thisse [16] dans un modèle de la NEG.

3. Equilibre en localisation dans un cadre symétrique

Ayant étudié dans le paragraphe précédent l'équilibre en prix, nous examinons maintenant l'équilibre en localisation avec deux firmes dans un cadre symétrique à deux régions. Ce cas particulier permet de présenter les résultats fondamentaux du modèle tout en maintenant les développements techniques à un niveau raisonnable. Une illustration plus complexe sera donnée dans le paragraphe suivant.

Supposons que notre économie $\mathcal{V}$ soit constituée de deux régions $\mathcal{V} = \{H, F\}$ reliées entre elles. Supposons de plus que la matrice des coûts de transports $(\tau_{ij})_{i\in\mathcal{V}, j\in\mathcal{V}}$ de l'économie soit donnée par

$$T = \begin{pmatrix} 0 & \tau \\ \tau & 0 \end{pmatrix},$$

où $\tau \geq 0$ est le coût de transport symétrique entre les deux régions. [7] En fonction de τ, différentes structures d'échanges sont possibles comme nous l'avons vu au paragraphe

[7] La symétrie des coûts de transport est une hypothèse standard permettant de simplifier

précédente. Afin de conserver un modèle parfaitement symétrique et de se focaliser sur les seules forces économiques, nous supposons que les deux marchés H et F contiennent le même nombre $A_H = A_F = A$ de consommateurs.

Supposons d'abord que les coûts de transport soient très élevés, c'est-à-dire que $\tau \geq a/(b-c)$. Chaque entreprise a deux stratégies de localisation : choisir la région H ou choisir la région F. [8] Par symétrie, nous pouvons réduire l'analyse à deux cas : celui où les deux entreprises choisissent la même région *(agglomération)* et celui où elles choisissent des régions différentes *(dispersion)*. Supposons, sans perte de généralité, que les deux entreprises choisissent de se localiser en H. Alors $\tau_{HH} = 0$ et $\tau_{HF} = \tau$, c'est-à-dire les deux entreprises ont le même accès aux deux marchés. Par conséquent, les résultats du paragraphe précédent montrent que H est couvert tandis que F ne l'est pas. Les prix d'équilibre correspondant à cette configuration sont donnés par

$$\bar{p}_1^{HH} = \bar{p}_2^{HH} = \frac{a}{2b-c} \quad \text{et} \quad \bar{p}_1^{HF} = \bar{p}_2^{HF} = \frac{a}{b-c}. \tag{27}$$

Comme ces prix correspondent par construction à $x_1^{HF} = x_2^{HF} = 0$, les profits des entreprises 1 et 2 ne dépendent que de leurs revenus dans le marché local H. Ils sont ainsi donnés par

$$\pi_1 = (A+2\phi)\bar{p}_1^{HH} x_1^{HH}(\bar{p}_1^{HH}, \bar{p}_2^{HH}) = (A+2\phi)b\left(\frac{a}{2b-c}\right)^2 = \pi_2. \tag{28}$$

Supposons ensuite que les deux entreprises choisissent de se localiser dans deux régions différentes (par exemple l'entreprise 1 dans la région H et l'entreprise 2 dans la région F). Dans ce cas, comme les coûts de transport interrégionaux sont très élevés,

---

les modèles. Néanmoins, cette hypothèse n'est pas toujours réaliste car le trajet entre deux points donnés peut engendrer des coûts différents suivant le sens du déplacement. Ces aspects peuvent "facilement" être incorporés dans notre approche en rendant la matrice des coûts de transport asymétrique.

[8] Notons au passage que ce choix introduit une indivisibilité fondamentale dans le modèle. Il est bien connu que de telles indivisibilités sont importantes afin d'expliquer la configuration spatiale de l'économie (voir Fujita et Thisse [4]). Par conséquent, l'existence d'un équilibre de Nash en stratégies pures est primordiale, car une stratégie mixte peut de facto être assimilée à une divisibilité de l'entreprise.

chaque marché n'est couvert que par l'entreprise locale (c'est-à-dire le marché H par l'entreprise 1 et le marché F par l'entreprise 2). Des résultats du paragraphe précédent on déduit que les prix d'équilibre sont donnés par

$$\bar{p}_1^{HH} = \bar{p}_2^{FF} = \frac{a(b+c)}{2b^2-c^2} \quad \text{et} \quad \bar{p}_1^{HF} = \bar{p}_2^{FH} = \frac{a}{b-c} \tag{29}$$

ce qui nous donne les profits d'équilibre

$$\pi_1 = (A+\phi)\bar{p}_1^{HH} x_1^{HH}(\bar{p}_1^{HH}, \bar{p}_2^{FH}) = (A+\phi)b\left(\frac{a(b+c)}{2b^2-c^2}\right)^2 = \pi_2. \tag{30}$$

La symétrie des gains des deux firmes implique qu'il existe toujours un équilibre de localisation en stratégies pures. Ceci résulte du fait que soit l'agglomération, soit la dispersion est une stratégie (strictement) dominante pour les deux firmes. Nous obtenons ainsi le résultat suivant.

Proposition 3.1 (ÉQUILIBRE DE LOCALISATION AVEC COÛTS ÉLEVÉS)

Supposons que $\tau \geq a/(b-c)$. Alors les deux entreprises choisissent de se localiser dans la même région si et seulement si

$$(2b^2-c^2)^2(A+2\phi) \geq (2b-c)^2(b+c)^2(A+\phi). \tag{31}$$

PROOF. La condition (31) est une reformulation de la condition qui assure que les profits avec agglomération, donnés par (28), sont supérieurs aux profits avec dispersion, donnés par (30). □

Comme le montre l'expression (31), plus ϕ est grand (ou plus c est faible), plus l'agglomération des deux entreprises dans la même région est susceptible d'être un équilibre *malgré le niveau élevé des coûts de transport interrégionaux*. En particulier, si les coûts fixes ne sont pas nuls (c'est-à-dire si $\phi > 0$) et si les biens sont indépendants (c'est-à-dire si $c = 0$), la condition (31) est toujours satisfaite. Il en résulte que l'agglomération des deux entreprises dans la même région est un équilibre dans ce cas.

Si au contraire $\phi = c = 0$, il n'y a plus de forces d'agglomération et de dispersion et n'importe quelle configuration est un équilibre de localisation. *En cas de coûts de transport interrégionaux prohibitifs, les entreprises s'agglomèrent lorsque les coûts fixes sont suffisamment importants et lorsque leurs produits ne sont pas des substituts trop proches.*

Le cas $\tau \leq a(2b + c)/(2b^2 - c^2)$, qui correspond à des coûts de transport faibles, donne lieu à des expressions compliquées qui ne s'interprètent pas facilement. Comme notre objectif principal est de montrer comment l'absence de mobilité (ou la mobilité réduite) de certains biens peut influencer la répartition spatiale des activités économiques, nous passerons ce cas sous silence et nous renvoyons au Chapitre 8 de Fujita et Thisse [4] pour une analyse similaire.

Jusqu'a présent, nous n'avons considéré que les deux cas "extrêmes" pour lesquels les coûts de transport sont soit très élevés, soit très faibles. Ce qui se passe pour des niveaux intermédiaires de coûts de transports, c'est-à-dire

$$\frac{a(2b+c)}{2b^2-c^2} < \tau < \frac{a}{b-c} \tag{32}$$

est particulièrement intéressant et peut s'analyser à l'aide de la figure 1. Lorsque les deux entreprises sont localisées dans la même région, elles font évidemment face aux mêmes coûts de transport. Par conséquent, comme $\tau < a/(b-c)$, les deux marchés sont couverts. Si les deux entreprises sont localisées dans des régions différentes, *la structure des échanges interrégionaux est modifiée*. Lorsque l'entreprise 1, localisée en H, essaie de vendre dans la région F, l'entreprise 2 a un coût de transport $\tau_{FF} = 0$ tandis que l'entreprise 1 a un coût de transport

$$\tau_{HF} > \frac{a(2b+c)}{2b^2-c^2} > \tau_{FF}. \tag{33}$$

Par conséquent, comme le montre la figure 1, nous ne nous situons pas dans la zone (FC) mais dans la zone (PC). Ainsi, *pour des niveaux intermédiaires de coûts de transport, les deux marchés sont couverts si les entreprises choisissent la même région alors qu'ils ne sont que partiellement couverts si les entreprises choisissent des régions* *différentes.* Ce résultat est lié au fait que *pour des niveaux intermédiaires de coûts de transport, le différentiel de ces coûts détermine les firmes actives dans chaque marché.* Dans ce cas, la présence de firmes dans une région rend l'accès extérieur au marché impossible, car le différentiel de coûts est trop important. Par conséquent, et contrairement aux deux cas précédents, *la structure des échanges est endogènement déterminée et peut changer avec la répartition spatiale des entreprises.*

Résumons la relation entre la structure des échanges et les coûts de transport de la manière suivante. Si les coûts de transport sont élevés, il n'y aura pas d'échanges interrégionaux et ceci quelle que soit la répartition des entreprises entre les deux régions. Si les coûts de transport sont faibles, il y aura toujours des échanges interrégionaux et ceci quelle que soit la répartition des entreprises entre les deux régions (ceci est le cas des principaux modèles de la NEG; voir Krugman [11] et Ottaviano *et al.* [13]). *Lorsque les coûts de transport prennent des valeurs intermédiaires, il y aura des échanges interrégionaux si les entreprises sont localisées dans la même région mais il n'y aura pas d'échanges interrégionaux lorsque les entreprises sont dans des régions différentes. Nous voyons ainsi que des coûts de transport élevés ou des coûts de transport intermédiaires avec présence d'entreprises locales peuvent inhiber le commerce interrégional.* Lorsque les coûts de transport ne sont ni trop élevés, ni trop faibles, les entreprises font face à un choix crucial : soit elles s'agglomèrent, ce qui leur permet d'avoir accès aux deux marchés malgré une compétition accrue, soit elles se dispersent et ont accès à un ensemble réduit de marchés avec moins de concurrence.

Si les entreprises se localisent dans la même région (disons H), les deux marchés sont couverts. Dans ce cas $\tau_{HH} = 0$ and $\tau_{HF} = \tau$ si bien que les prix d'équilibre sont donnés par

$$\bar{p}_1^{HH} = \bar{p}_2^{HH} = \frac{a}{2b-c} \quad \text{et} \quad \bar{p}_1^{HF} = \bar{p}_2^{HF} = \frac{a+b\tau}{2b-c}. \tag{34}$$

D'après (34), les profits d'équilibre sont donnés par

$$\pi_1 = (A+2\phi)\bar{p}_1^{HH} x_1^{HH}(\bar{p}_1^{HH}, \bar{p}_2^{HH}) + A(\bar{p}_1^{HF} - \tau) x_1^{HF}(\bar{p}_1^{HF}, \bar{p}_2^{HF})$$

$$= \frac{b}{(2b-c)^2}\left(a^2[A+2\phi] + A\left[a-(b-c)\tau\right]^2\right) = \pi_2. \quad (35)$$

Si les entreprises choisissent de se localiser dans des régions différentes (disons l'entreprise 1 en H et l'entreprise 2 en F), les deux marchés ne sont que partiellement couvert, de sorte que les profits soient donnés comme précédemment par

$$\pi_1 = (A+\phi)b\left(\frac{a(b+c)}{2b^2-c^2}\right)^2 = \pi_2. \quad (36)$$

Une fois de plus, la symétrie des gains nous assure de l'existence d'un équilibre de localisation en stratégies pures, car soit l'agglomération, soit la dispersion est une stratégie (strictement) dominante. Il est en particulier facile de voir que si les biens sont indépendants, les deux entreprises s'agglomèrent toujours dans une des deux régions de sorte que les deux marchés soient couvert. Ce résultat est résumé dans la proposition suivante.

Proposition 3.2 (ÉQUILIBRE EN LOCALISATION AVEC COÛTS INTERMÉDIAIRES)

Supposons que $a(2b+c)/(2b^2-c^2) < \tau < a/(b-c)$. Alors les firmes choisissent de se localiser dans la même région si et seulement si

$$(2b^2-c^2)^2\left[a^2(A+2\phi) + A[a-(b-c)\tau]^2\right] \geq (2b-c)^2(b+c)^2(A+\phi)a^2. \quad (37)$$

PROOF. La condition (37) est une reformulation de la condition qui assure que les profits avec agglomération, donnés par (35), sont supérieurs aux profits avec dispersion, donnés par (36). □

Malheureusement, la condition d'équilibre en localisation avec coûts intermédiaires (37) ne s'interprète pas facilement et est assez difficile à analyser. Nous allons donc adopter une approche évolutive afin de mettre en évidence le rôle que jouent les *conditions initiales* dans la détermination de la structure d'équilibre lorsque les coûts de transport prennent des valeurs intermédiaires. Cette approche évolutive est l'un des outils de la NEG pour traiter de la multiplicité des équilibres (voir Arthur [1] pour plus de détails ainsi que Fujita et al. [1999a, 1999b] pour des applications en termes d'équilibre général spatial). Supposons que les coûts de transport dans notre économie partent d'un niveau initial très élevés (cas où $\tau \geq a/(b-c)$) et qu'ils diminuent suite aux progrès techniques exogène dans les technologies et infrastructures de transport. Comment l'équilibre initial sera-t-il affecté lorsque les coûts de transport satisfont la condition (32) ?

En reformulant la condition (37), l'agglomération est un équilibre en localisation pour des niveaux intermédiaires de coûts de transport si et seulement si

$$A\left[1-\frac{b-c}{a}\tau\right]^2(2b^2-c^2)^2 \geq (A+\phi)(b+c)^2(2b-c)^2-(2b^2-c^2)^2(A+2\phi). \quad (38)$$

Le signe du membre de droite de (38) dépend de la condition (31). Si cette condition est satisfait, nous avons agglomération des firmes pour des coûts élevés et le membre de droite de (38) est strictement négatif. Comme le membre de gauche est toujours strictement positif, nous en déduisons que *l'agglomération reste un équilibre stable pour des valeurs intermédiaires des coûts de transport, à condition de partir d'un équilibre aggloméré lorsque* $\tau \geq a/(b-c)$. Ce résultat met en évidence le fait que les équilibres existants peuvent être extrêmement robustes vis-à-vis de modifications même significatives des coûts de transport. Si le membre de droite de l'inégalité (38) est strictement positif, la dispersion est le seul équilibre stable en localisation lorsque $\tau \geq a/(b-c)$. Clairement, la dispersion reste stable lorsque les coûts de transport ne diminuent pas trop. On voit en particulier que si τ est de la forme $\tau = a/(b-c) - \epsilon$, $\epsilon > 0$ le membre de gauche de (38) est juste équivalent à ϵ^2, de sorte que la dispersion reste stable pour ϵ suffisamment petit. La dispersion cesse donc d'être un équilibre stable uniquement si les coûts de transports diminuent suffisamment, ce qui est en accord avec le principal résultat de la NEG (Krugman [11] et Ottaviano *et al.* [13]).

4. Localisation et structure : un cadre plus général

Dans ce paragraphe, nous développons un exemple de localisation dans le cadre d'une économie "réseau" plus générale. L'exemple développé illustre bien nos trois points fondamentaux, c'est-à-dire (i) que la relation agglomération/dispersion n'est pas forcément monotone par rapport aux coûts de transport lorsque l'on tient compte des changements de structure, (ii) que la structure des échanges est normalement déterminée de manière endogène et (iii) que l'on peut avoir agglomération pour des valeurs élevées des coûts de transport.

Considérons une économie avec n marchés, représentés par les nœuds d'un graphe non-orienté $(\mathcal{V}, \mathcal{A})$, où $\mathcal{V}$ est l'ensemble des nœuds et $\mathcal{A}$ l'ensemble des arêtes. Soit (j,k) l'arête reliant les nœuds $j \in \mathcal{V}$ et $k \in \mathcal{V}$. Le coût de transport du marché j au marché k est donnée par $\tau_{jk} \geq 0$. Soit

$$T = \begin{pmatrix} \tau_{11} & \tau_{12} & \cdots & \tau_{1n} \\ \tau_{21} & \tau_{22} & \cdots & \tau_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tau_{n1} & \tau_{n2} & \cdots & \tau_{nn} \end{pmatrix}$$

la matrice $n \times n$ symétrique des coûts de transport entre tous les marchés.[9] Chaque τ_{jk} est donné par la métrique réseau, qui correspond à la longueur du plus court chemin reliant j et k (ces coefficients auront été calculés auparavant par un algorithme de type *Djikstra*). Notons finalement $A_j \geq 0$ la masse de consommateurs du marché j.

Comme précédemment, nous considérons le cas de deux entreprises 1 et 2. Ces deux entreprises se concurrencent en prix dans chaque marché. Ainsi, les prix d'équilibre sont ceux du paragraphe 2.2. Appelons j_0 et k_0 les localisations données de la firme 1 et de la firme 2. L'ensemble $\mathcal{V}$ des marchés peut être partitionné en quatre sous-ensembles

$$\mathcal{V}_{12} = \left\{ i \in \mathcal{V},\ \tau_{j_0 i} < \frac{a(2b+c) + cb\tau_{k_0 i}}{2b^2 - c^2} \quad \text{et} \quad \tau_{k_0 i} < \frac{a(2b+c) + cb\tau_{j_0 i}}{2b^2 - c^2} \right\}$$

[9] Nous nous limitons au cas symétrique dans un graphe non-orienté. Il est cependant possible d'examiner le cas asymétrique dans un graphe orienté.

qui est l'ensemble des marchés couverts par les deux entreprises,

$$\mathcal{V}_0 = \left\{ i \in \mathcal{V},\ \tau_{j_0 i} \geq \frac{a}{b-c} \quad \text{et} \quad \tau_{k_0 i} \geq \frac{a}{b-c} \right\}$$

qui est l'ensemble des marchés non-couverts,

$$\mathcal{V}_1 = \left\{ i \in \mathcal{V},\ \tau_{j_0 i} < \frac{a}{b-c} \quad \text{et} \quad \tau_{k_0 i} \geq \frac{a(2b+c) + cb\tau_{j_0 i}}{2b^2 - c^2} \right\}$$

qui est l'ensemble des marchés couverts que par l'entreprise 1 et

$$\mathcal{V}_2 = \left\{ i \in \mathcal{V},\ \tau_{k_0 i} < \frac{a}{b-c} \quad \text{et} \quad \tau_{j_0 i} \geq \frac{a(2b+c) + cb\tau_{k_0 i}}{2b^2 - c^2} \right\}$$

qui est l'ensemble des marchés couverts que par l'entreprise 2.

Les profits des entreprises dans chaque type de marché sont définis de la façon suivante. Si le marché n'est pas couvert, nous avons par définition

$$\pi_1^i = \pi_2^i = 0, \ \ \forall i \in \mathcal{V}_0. \tag{39}$$

Si le marché est couvert par les deux entreprises nous avons

$$\begin{aligned}\pi_1^i = \frac{l_i + (\delta_{j_0 i} + \delta_{k_0 i})\phi}{(4b^2 - c^2)^2} & \left[a(2b+c) + bc\tau_{k_0 i} + (c^2 - 2b^2)\tau_{j_0 i}\right] \\ & \times \left[ab(2b+c) + bc(b\tau_{k_0 i} + c\tau_{j_0 i}) - 2b^3\tau_{j_0 i}\right], \ \ \forall i \in \mathcal{V}_{12}\end{aligned} \tag{40}$$

et

$$\begin{aligned}\pi_2^i = \frac{l_i + (\delta_{j_0 i} + \delta_{k_0 i})\phi}{(4b^2 - c^2)^2} & \left[a(2b+c) + bc\tau_{j_0 i} + (c^2 - 2b^2)\tau_{k_0 i}\right] \\ & \times \left[ab(2b+c) + bc(b\tau_{j_0 i} + c\tau_{k_0 i}) - 2b^3\tau_{k_0 i}\right], \ \ \forall i \in \mathcal{V}_{12}\end{aligned} \tag{41}$$

où

$$\delta_{jk} = \begin{cases} 1 & \text{si} \quad j = k \\ 0 & \text{si} \quad j \neq k \end{cases} \tag{42}$$

est une variable qui capte l'impact de l'entreprise sur la taille effective du marché local. Finalement, si le marché n'est couvert que par l'entreprise 1, nous avons

$$\pi_1^i = \frac{l_i + (\delta_{j_0 i} + \delta_{k_0 i})\phi}{(2b^2 - c^2)^2} b[(b+c)(a-(b-c)\tau_{j_0 i})]^2 \quad \text{et} \quad \pi_2^i = 0, \ \forall i \in \mathcal{V}_1, \quad (43)$$

et s'il n'est couvert que par l'entreprise 2 nous avons

$$\pi_2^i = \frac{l_i + (\delta_{j_0 i} + \delta_{k_0 i})\phi}{(2b^2 - c^2)^2} b[(b+c)(a-(b-c)\tau_{k_0 i})]^2 \quad \text{et} \quad \pi_1^i = 0, \ \forall i \in \mathcal{V}_2. \quad (44)$$

Comme le montrent les expressions (39)– (44), le cas général avec plus de deux régions sur un graphe est plus complexe à analyser et soulève un certain nombre de questions de nature combinatoire. [10]

Les profits des entreprises dans l'économie sont finalement donnés par

$$\pi_1^\star(j_0) = \sum_{i=1}^{n} \pi_1(i, j_0, k_0) = \sum_{i \in \mathcal{V}_1} \pi_1(i, j_0, k_0) + \sum_{i \in \mathcal{V}_{12}} \pi_1(i, j_0, k_0) \quad (45)$$

et

$$\pi_2^\star(k_0) = \sum_{i=1}^{n} \pi_2(i, k_0, j_0) = \sum_{i \in \mathcal{V}_2} \pi_2(i, k_0, j_0) + \sum_{i \in \mathcal{V}_{12}} \pi_2(i, k_0, j_0). \quad (46)$$

Développons un exemple numérique avec $n = 6$ régions.

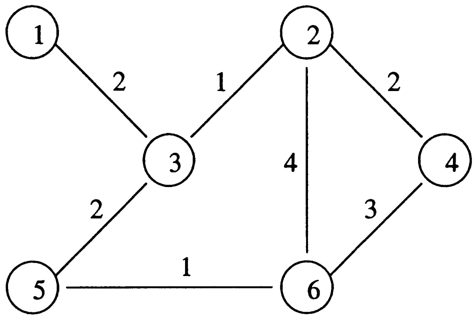

Figure 2: Exemple d'une économie "réseau" avec 6 marchés

[10] Malheureusement, le résultat d'existence d'un équilibre pour des firmes tarifiant de manière discriminatoire, établi par Hurter et Lederer [9], ne peut pas s'appliquer dans notre cas car les demandes sont élastiques et les firmes sont horizontalement différenciées.

Prenons pour graphe G le graphe donné par la figure 2. La matrice des distances associées aux plus courts chemins est donnée par

$$T = \begin{pmatrix} 0 & 3 & 2 & 5 & 4 & 5 \\ 3 & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 \\ 2 & 1 & 0 & 3 & 2 & 3 \\ 5 & 2 & 3 & 0 & 4 & 3 \\ 4 & 3 & 2 & 4 & 0 & 1 \\ 5 & 4 & 3 & 3 & 1 & 0 \end{pmatrix}.$$

Supposons que les coûts de transports soient donnés par ξT, où $\xi \geq 0$ est un coefficient technique. Nous supposons de plus que la demande locale de chaque marché peut être satisfaite sans coût par une entreprise localisé dans cette région (par conséquent, tous les termes diagonaux sont nuls). Pour des raisons de simplicité, nous posons $A_i = 1$ pour tout i. [11] Soit $a = 2$, $b = 1$, $c = 0.5$ et $\phi = 2$. Commençons par le cas $\xi = 0.5$ (coûts de transport faibles). La matrice de meilleures réponses est donnée par

$$\begin{pmatrix} & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 \\ 1 & & & (\ ,2) & & & \\ 2 & & & (\ ,2) & & & \\ 3 & (1, \ ) & (1, \ ) & (1,2) & (1, \ ) & (1, \ ) & (1, \ ) \\ 4 & & & (\ ,2) & & & \\ 5 & & & (\ ,2) & & & \\ 6 & & & (\ ,2) & & & \end{pmatrix}$$

où l'entreprise 1 est en ligne, l'entreprise 2 en colonne et où 1 et 2 désignent respectivement les meilleures réponses des entreprises 1 et 2. On voit que seule l'agglomération des deux entreprises dans la région 3 est un équilibre de localisation. Ce résultat coïncide avec celui de la NEG qui prédit l'agglomération des firmes dans la même région lorsque les coûts de transport sont suffisamment faibles. Supposons ensuite que les coûts de transports augmentent et que $\xi = 1$. La nouvelle matrice de meilleures réponses est donnée par

[11] Il est clair que nous pouvons choisir une autre constante que 1 pour la taille de marché. L'ensemble des équilibres est homogène de degré 0 par rapport à cette taille de marché, tandis que le profit est homogène de degré 1.

$$\begin{array}{cc} & \begin{array}{cccccc} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 \end{array} \\ \begin{array}{c} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \end{array} & \begin{pmatrix} & & & & (\ ,2) & \\ & & & & (1,2) & \\ & & (1,2) & (1, \ ) & & (1, \ ) \\ & & (\ ,2) & & & \\ (1, \ ) & (1,2) & & & & \\ & & (\ ,2) & & & \end{pmatrix} \end{array}$$

et l'on voit qu'il y a trois équilibres de Nash, correspondant aux couples de régions $(2,5)$, $(5,2)$ et $(3,3)$. Cette situation est similaire aux cas intermédiaires de Krugman [11], où à la fois l'agglomération et la dispersion sont des équilibres stables. Les structures d'échanges associées sont données par

Equilibre	1	2	3	4	5	6
(2,5)	1	1	F	1	2	2
(3,3)	F	F	F	F	F	F

Tableau 1 : Structure des échanges endogène dans le premier cas

où $i \in \{1,2\}$ désigne un marché partiellement couvert par l'entreprise i, F désigne un marché couvert et N désigne un marché pas couvert. Notons que l'agglomération et la dispersion sont tout les deux des équilibres mais que la structure des échanges interrégionaux est très différente dans les deux cas.

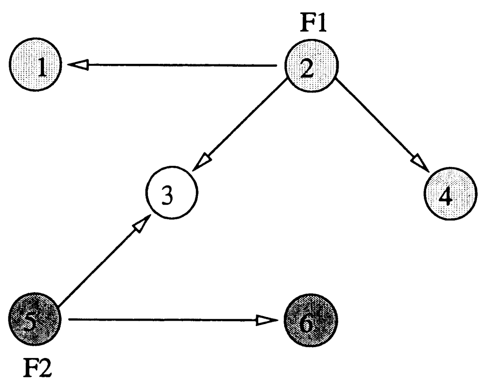

Figure 3: Structure des échanges avec dispersion $(2,5)$

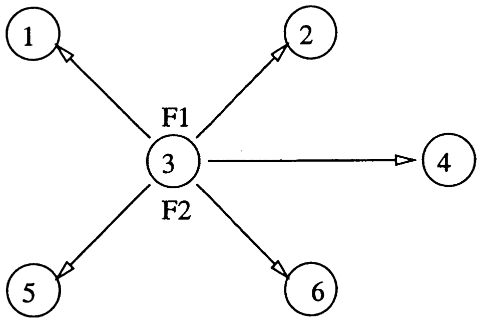

Figure 4: Structure des échanges avec agglomération $(3, 3)$

Comme l'illustrent les figures 3 et 4, lorsque les entreprises sont toutes les deux localisées dans la région 3, *tous les marchés sont couverts par les deux entreprises. Par contre, certains marchés ne sont que partiellement couverts lorsque les entreprises se localisent dans des régions différentes*. Ceci illustre l'existence d'un arbitrage entre la taille globale du marché (cas avec agglomération en $(3, 3)$) et le degré de concurrence (cas avec dispersion $(2, 5)$ ou $(5, 2)$).

Supposons que les coûts de transports interrégionaux continuent d'augmenter et que $\xi = 2$. La nouvelle matrice de meilleures réponses est donnée par

$$\begin{array}{c@{}c} & \begin{matrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \end{matrix} & \begin{pmatrix} & (\ ,2) & (\ ,2) & & (\ ,2) & (\ ,2) \\ (1, \ ) & & & (1, \ ) & (1,2) & (1,2) \\ (1, \ ) & & & (1, \ ) & (1,2) & (1,2) \\ & (\ ,2) & (\ ,2) & & (\ ,2) & (\ ,2) \\ (1, \ ) & (1,2) & (1,2) & (1, \ ) & & \\ (1, \ ) & (1,2) & (1,2) & (1, \ ) & & \end{pmatrix} \end{array} \qquad (47)$$

et il n'y a plus que deux équilibres de dispersion. La structure des échanges associée à *tous* les équilibres est donnée par

Equilibre	1	2	3	4	5	6
(2,5)	N	1	1	N	2	2

Tableau 2 : Structure des échanges endogène dans le second cas

Comme le montre le tableau 2, les entreprises se dispersentt et ne couvrent plus l'intégralité des marchés. Ainsi, *suite à la hausse des coûts de transport, il n'y a plus d'intérêt à servir les marchés trop excentrés, de sorte que les entreprises tirent profit de la demande qu'elles créent elles-mêmes et se dispersent sur l'ensemble des marchés actifs restant.* Notons que ce comportement ne se présente pas dans les modèles canoniques de la NEG (voir Krugman [11] ou Ottaviano *et al.* [13]) où les firmes ne sont jamais complètement coupées des marchés. Notons aussi que les trois cas $\xi = 0.5$, $\xi = 1$ et $\xi = 2$ donnent les résultats habituels de la NEG : les firmes sont agglomérées lorsque les coûts de transport sont faibles ($\xi = 0.5$), il y a équilibres multiples pour des valeurs intermédiaires ($\xi = 1$) et l'activité se disperse pour des valeurs élevées ($\xi = 2$).

Supposons que les coûts de transports interrégionaux continuent d'augmenter et que $\xi = 3$. La nouvelle matrice de meilleures réponses est donnée par

$$\begin{array}{c|cccccc}
 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 \\
\hline
1 & & (\ ,2) & (\ ,2) & & (\ ,2) & (\ ,2) \\
2 & (1, \ ) & (1,2) & & (1, \ ) & (1,2) & (1,2) \\
3 & (1, \ ) & & (1,2) & (1, \ ) & (1,2) & (1,2) \\
4 & & (\ ,2) & (\ ,2) & & (\ ,2) & (\ ,2) \\
5 & (1, \ ) & (1,2) & (1,2) & (1, \ ) & (1,2) & \\
6 & (1, \ ) & (1,2) & (1,2) & (1, \ ) & & (1,2)
\end{array}$$

et il y a un nombre très important d'équilibres (12 sans tenir compte de la symétrie, 8 si on en tient compte). Les structures d'échanges correspondant sont données dans le tableau 3. Quelques remarques s'imposent. D'abord, on voit que les deux régions "périphériques" 1 et 4 ne sont jamais couvertes, quel que soit l'équilibre de l'économie. Ensuite, on voit que soit les entreprises se dispersent, soit elles s'agglomèrent. Ainsi, la dispersion redevient un équilibre suite à un changement de structure.

Supposons finalement que les coûts de transport interrégionaux augmentent encore de telle sorte que $\xi = 4$. La nouvelle matrice de meilleures réponses est donnée par

	1	2	3	4	5	6
(2,2)	N	F	F	N	N	N
(2,5)	N	1	1	N	2	2
(2,6)	N	1	1	N	2	2
(3,3)	N	F	F	N	N	N
(3,5)	N	1	1	N	2	2
(3,6)	N	1	1	N	2	2
(5,5)	N	N	N	N	F	F
(6,6)	N	N	N	N	F	F

Tableau 3 : Structure de marché endogène dans le troisième cas

$$\begin{pmatrix} & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 \\ 1 & (1,2) & & & & & \\ 2 & & (1,2) & & & & \\ 3 & & & (1,2) & & & \\ 4 & & & & (1,2) & & \\ 5 & & & & & (1,2) & \\ 6 & & & & & & (1,2) \end{pmatrix}$$

de sorte que *seule l'agglomération des deux entreprises dans la même région est un équilibre*. Ceci est du au fait que l'effet "taille de marché local" compense l'effet "concurrence en prix" et que la dispersion n'est pas profitable.

Résumons les principaux résultats que nous suggère cet exemple. Lorsque les coûts de transport sont faibles, la structure des échanges interrégionaux est fixe et comme dans les modèles de la NEG seule l'agglomération des deux entreprises dans la même région est un équilibre. Pour des valeurs intermédiaires des coûts de transport, la *structure des échanges devient endogène*. Nous pouvons observer *l'existence d'équilibres multiples avec agglomération ou dispersion associés à des structures d'échanges fondamentalement différentes*. Le fait que plusieures structures coexistent augmente significativement le nombre d'équilibres. Il semblerai en particulier que chaque structure soit caractérisée par l'existence d'un ensemble d'équilibres qui lui est associée. En changeant de structure, on change d'ensemble d'équilibres ce qui peut expliquer la relation non-monotone entre coûts de transport et agglomération. Finalement, lorsque les coûts de transport deviennent prohibitifs, on peut éventuellement observer une ré-agglomération des entreprises car l'effet "taille de marché" devient dominant dans les décisions de localisation. Ce dernier cas semble être caractéristique d'un certain nombre de pays en voie de développement, dans lesquels un marché dominant, peu accessible de l'extérieur, attire l'activité économique et inhibe la convergence régionale.

5. Conclusions

Comme nous l'avons montré dans cet article, la structure des échanges est un aspect fondamentalement endogène aux modèles de localisation des entreprises. Jusqu'à présent, ce point a été négligé par la NEG, même si la littérature sur les hubs de transport et sur la formation endogène des réseaux commence à s'y intéresser (voir Konishi [10] et Mori et Nishikimi [12]). Nous avons mis en évidence que la structure des échanges *dépend de la distribution spatiale des activités économiques lorsque les coûts de transport prennent des valeurs intermédiaires.* Cet aspect est crucial car il implique que *même lorsque les coûts de transport interrégionaux sont a priori symétriques, l'accès réciproque entre les deux régions n'est pas forcément le même.* A partir du moment où la structure des échanges est endogène au modèle, nous pouvons éventuellement observer l'agglomération des entreprises dans la même région lorsque les coûts de transport sont élevés. Ce phénomène permet de mieux comprendre pourquoi un certain nombre de pays en voie de développement exhibent une structure centre-périphérie très prononcée, malgré des coûts de transport interrégionaux élevés. Il semble que *l'agglomération puisse se produire pour des niveaux de coûts de transport plus importants que ceux mis en évidence dans la NEG.* Cette constatation, ainsi que le fait que l'agglomération s'accroît lorsque les coûts de transport diminuent, montre que la divergence régionale dans les pays en voie de développement risque de s'accroître dans le future (à moins qu'un changement structurel ne modifie la répartition spatiale des activités en rendant possible l'accès à de nouveaux marchés).

Terminons par souligner le fait que nous n'avons détaillé que le cas de base avec deux régions et deux entreprises. Il serait par conséquent utile de généraliser le modèle au cas de n régions et m entreprises. Cette question fera l'objet de travaux futurs.

References

[1] Arthur W.B., "Competing technologies, increasing returns and lock-in by historical events", *The Economic Journal* 99 (1989), 116–131

[2] Fujita M., Krugman P. et A. Venables, *The Spatial Economy – Cities, regions and international trade* (Cambridge: MIT Press (1999a))

[3] Fujita M., Krugman P. et T. Mori, "The evolution of hierarchical urban systems", *European Economic Review* 43 (1999b), 209 – 251

[4] Fujita M. et J.-F Thisse, *Economics of Agglomeration: Cities, Industrial Location and Regional Growth* (Cambridge: Cambridge University Press) (2002)

[5] Greenhut M., "Spatial pricing in the USA, West Germany and Japan, *Economica* 48 (1981), 79–86

[6] Head K. et T. Mayer, "Non-Europe: The Magnitude and causes of market fragmentation in the EU", *Weltwirtschaftliches Archiev* 136(2) (2000), 285–314

[7] Hohenberg P. et L. Lees, *La formation de l'Europe urbaine: 1000–1950*, (Paris: Presses Universitaires de France (1995))

[8] Hotelling H., "Stability in competition", *Economic Journal* 39 (1929), 41–57

[9] Hurter A. et P. Lederer, "Spatial duopoly with discriminatory pricing", *Regional Science and Urban Economics* 15 (1985), 541–553

[10] Konishi H., "Formation of hub cities : Advantages and population agglomeration", *Journal of Urban Economics* 48 (2000), 1–28

[11] Krugman P., "Increasing returns and economic geography", *Journal of Political Economy* 99 (1991a), 483–499

[12] Mori T. et K. Nishikimi, "Economies of transport density and industrial agglomeration", *Regional Science and Urban Economics* 32 (2002), 167–200

[13] G. Ottaviano, T. Tabuchi et J.-F. Thisse, Agglomeration and trade revisited, *International Economic Review* 43(2) (2002), 409 – 435

[14] Ottaviano G. et J.-F. Thisse, "On economic geography in economic theory: increasing returns and pecuniary externalities", *Journal of Economic Geography* 1 (2001), 153–179

[15] Puga D., "The rise and fall of regional inequalities", *European Economic Review* 43 (1999), 303–334

[16] Tabuchi T. et J.-F. Thisse, *Regional specialization and transport costs*, CEPR Working Paper 3542 (2002a)

[17] Tharakan J., *Revisiting "On nations' size and transport costs"*, CORE DP 2001-32, Université Catholique de Louvain, Belgium (2001)

[18] Thisse J.-F. et X. Vives, "On the strategic choice of spatial price policy", *American Economic Review* 78(1) (1988), 122–188

[19] Wolf H., *Patterns of intra- and inter-state trade*, NBER Working Paper no. 5939 (1997)