

Infrastructures et Territoires : une contribution à la modélisation des interactions entre transports et télécommunications en Economie géographique

Adrien Adamiak-Forte

▶ **To cite this version:**

Adrien Adamiak-Forte. Infrastructures et Territoires : une contribution à la modélisation des interactions entre transports et télécommunications en Economie géographique. Economies et finances. Université Jean Monnet - Saint-Etienne, 2010. Français. NNT : 2010STETT087 . tel-00665934

HAL Id: tel-00665934
https://theses.hal.science/tel-00665934

Submitted on 3 Feb 2012

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Université Jean Monnet de Saint-Etienne

Centre de Recherches Économiques de l'Université de Saint-Etienne

Infrastructures et Territoires : Une contribution à la modélisation des interactions entre transports et télécommunications en Économie Géographique.

Thèse de doctorat nouveau régime en sciences économiques

Soutenue et Financée par la région Rhône-Alpes

Présentée et soutenue publiquement par

Adrien ADAMIAK-FORTE

Le 12 janvier 2010

Directeur et co-directeur de Thèse :

Monsieur Khaled BOUABDALLAH

Professeur à l'Université de Saint-Etienne.

Madame Nadine MASSARD

Professeur à l'Université de Saint-Etienne.

Jury :

Monsieur Olivier FREROT

Directeur de l'Agence d'Urbanisme de Lyon.

Monsieur Carl GAIGNÉ

Chargé de Recherche HDR à l'INRA-ESR de Rennes, rapporteur.

Monsieur Richard LE GOFF

Directeur de l'UER d'Economie Appliquée à l'Ecole Nationale Supérieure de Techniques Avancées, Paris 1.

Monsieur Alain RALLET

Professeur à l'Université de Paris Sud, rapporteur.

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier la Région Rhône-Alpes et les responsables du cluster Transport, Territoire et Société grâce à qui ce travail a été possible.

Je remercie ensuite Khaled Bouabdallah et Nadine Massard qui ont encadré cette thèse ainsi que les membres du CREUSET qui m'ont permis de trouver les ressources intellectuelles nécessaires au bon avancement de ce travail.

Je remercie particulièrement Stéphane Riou pour ses conseils avisés, Christophe Bravard pour son soutien indéfectible et Amandine qui a partagé son bureau avec moi pendant presque 4 ans.

Je remercie Alain Rallet et Carl Gaigné de me faire l'honneur d'être rapporteurs de cette thèse ainsi que Richard Le Goff et Olivier Frérot d'avoir accepté de participer au jury.

Je remercie également toutes les personnes que j'ai pu croiser au cours de ces années, qui se sont intéressées à cette question des interactions entre transports et télécommunications et qui m'ont apporté énormément dans ce travail de longue haleine.

Mes pensées vont évidemment à ma Maman sans qui rien n'aurait été possible et à mon Papa qui aurait été fier de me voir arriver au bout de cette grande aventure universitaire.

Je remercie Florence d'avoir supporté un thésard au quotidien durant toutes ces années.

Merci à ma famille et à mes amis qui ont été présent dans les moments difficiles.

Table des matières

Remerciements i

Table des matières vi

Introduction générale 1

Chapitre 1 Transports et Télécommunications : Substitution ou Complémentarité ? 17

1.1 Introduction 19

1.2 L'idée de la substitution des transports par les télécommunications : vers la fin des distances ? 21

1.2.1 Une idée en vogue des années 20 aux années 90 22

1.2.2 Des facteurs de virtualisation certains... 24

1.2.3 ...mais des effets largement surévalués 29

1.3 Des relations plus complexes 31

1.3.1 La vision de la substitution des transports par les télécommunications est trop simpliste. 31

1.3.2 Des relations diverses qui ne se bornent pas à la substitution 33

1.3.3 La complémentarité comme relation globalement dominante ? 36

1.4 Conclusion 39

Chapitre 2 Transports et Télécommunications : impact sur les relations inter-firmes. 41
2.1 Introduction . . . 43
2.2 Comment intégrer la coexistence des transports et des télécommunications dans la coordination inter-firmes ? . . . 47
2.2.1 Deux grandes modalités de coordination : contact-face-à-face et télécommunications . . . 47
2.2.2 Quel cadre pour modéliser les effets liés au choix de modalités ? . . . 50
2.3 Construction d'un modèle prenant en compte à la fois les relations face-à-face et les relations virtuelles. . . . 65
2.3.1 Motivation . . . 65
2.3.2 Hypothèses . . . 67
2.3.3 Concurrence en prix . . . 72
2.3.4 Choix du niveau d'effort E_i . . . 74
2.3.5 Substitution ou Complémentarité . . . 77
2.4 Conclusion . . . 80
2.5 Annexe . . . 84
2.5.1 Compléments sur le modèle de Mai et Peng . . . 84
2.5.2 Compléments sur le modèle de Piga et Poyago-Theotoky 87
2.5.3 Compléments sur le modèle que nous avons développé . . 90

Chapitre 3 Transports et Télécommunications : structuration et attractivité des territoires. 93
3.1 Introduction . . . 95
3.2 Structure des territoires : du monocentrisme au polycentrisme. . 99
3.2.1 Des concepts relativement récents en économie théorique... 99
3.2.2 ... mais très rapidement incontournables. . . . 100
3.3 Le modèle de Cavailhès, Gaigné, Tabuchi et Thisse (2007) . . . 104

3.3.1 Motivation . . . 104
3.3.2 Structure du modèle . . . 106
3.3.3 Décentralisation à l'intérieur d'une ville . . . 114
3.3.4 Système urbain et commerce entre villes . . . 120
3.3.5 Analyse des résultats . . . 126
3.4 Différenciation des infrastructures et structuration de l'espace géographique . . . 127
3.4.1 Motivation . . . 127
3.4.2 Modélisation du rôle des infrastructures de transport et de télécommunication . . . 129
3.4.3 Décentralisation à l'intérieur d'une agglomération . . . 133
3.4.4 Système urbain et commerce entre agglomérations . . . 135
3.5 Conclusion . . . 144
3.6 Annexe . . . 147
3.6.1 Compléments sur le modèle de Cavailhès et al. . . . 147

Chapitre 4 Transports et Télécommunications : l'avènement du télétravail ? 149
4.1 Introduction . . . 151
4.2 Transports, télécommunications et réorganisations du travail . . 153
4.2.1 Le télétravail face à la notion de proximité . . . 153
4.2.2 L'enchaînement TIC-Télétravail-Transport . . . 158
4.2.3 Mise en place diffusion du télétravail . . . 164
4.3 Formalisation du télétravail dans la théorie économique . . . 170
4.3.1 Un concept surtout étudié dans la théorie des contrats . 170
4.3.2 Modélisation du concept de télétravail dans un cadre d'économie géographique . . . 180
4.4 Conclusion . . . 193
4.5 Annexes . . . 195
4.5.1 Compléments à la présentation du modèle de Gao et Hitt 195

Conclusion générale 197

Bibliographie 205

Introduction générale

La prospérité d'un territoire et le niveau de son emploi dépendent de sa capacité à attirer et à retenir des activités productives. Parmi les critères importants qui sous-tendent les choix de localisation des entreprises, on trouve notamment la proximité du marché, la qualité et la disponibilité de la main d'œuvre ainsi que la dotation en infrastructures de transport et de télécommunication(Baranzini et al.) Certains travaux mettent en avant un lien marqué entre les niveaux d'investissements en infrastructures et les niveaux de richesse régionale (Sanchez-Robles 1998), d'emploi voire même de productivité (Roy 2003).[1] Les dépenses relatives aux infrastructures, outre l'activité immédiate qu'elles génèrent[2], peuvent donc contribuer à l'élévation du niveau de performance économique et d'emploi d'un territoire. Le développement quantitatif et qualitatif des réseaux de transports et des réseaux de télécommunications constitue ainsi un enjeu important dans le développement économique des territoires.

Comme nous allons le voir, le lien entre transports et développement économique a souvent fait l'objet de travaux de recherche historiques, empiriques et théoriques. La question du lien entre télécommunications et développement

[1] Ce dernier point concernant la productivité reste néanmoins controversé. Ford et Poret (1991) soulignent ainsi l'absence d'effets évidents entre infrastructures et productivité

[2] Il est évident que toutes les politiques de grands travaux sont génératrices d'emplois au niveau du BTP mais ce n'est pas ce type d'encouragement ponctuel de l'activité qui nous intéresse.

économique a, quant à elle, longtemps été éludée (particulièrement au niveau théorique), malgré les modifications évidentes induites par le développement des télécommunications, dès la fin du XIX$^{\text{ème}}$ siècle et la possibilité de faire circuler rapidement et sur de longues distances des informations. Il faudra attendre le début des années 90, pour que l'impact des télécommunications sur le développement économique des territoires devienne une question récurrente.

Transports et développement économique : un lien historiquement fort.

Le développement de l'activité économique est historiquement lié à l'évolution des transports. Le passage même de la vie nomade (où l'homme se rend sur les lieux de production) à la vie sédentaire (où il ramène les produits vers le lieu de consommation) est lié à la notion de déplacement. L'économie des différents peuples antiques présente deux traits communs (Imbert et Legohérel (1970)) :

- La production agricole puis industrielle s'est développée rapidement avant de stagner. Avec le début de la vie sédentaire, la culture et l'élevage se développèrent. L'exploitation de territoires de plus en plus vastes ainsi que le progrès des méthodes d'utilisation des sols ont permis d'accroître assez rapidement les rendements. Néanmoins, faute d'innovations techniques [3] et du fait des contraintes géographiques (difficultés à accéder à de nouvelles terres exploitables), l'agriculture a connu, ensuite, une longue période de stagnation ou les volumes de production restèrent stationnaires.[4] Ce propos concernant les contraintes géographiques met d'ores et déjà en évidence la nécessité de faciliter l'accessibilité et les déplacements et donc l'importance des transports.

[3] Comme le souligne J. Toutain (1927), l'outillage ne présente, en plusieurs millénaires, que peu d'innovations.

[4] L'industrie a également évolué rapidement au départ du fait de la spécialisation des métiers et la division du travail avant de se trouver très vite limité faute de machines.

– L'activité commerciale n'a pas cessé de s'étendre et de se perfectionner : le volume, la liberté et la facilité des échanges se sont constamment accrus. Les relations commerciales se sont rapidement étendues. De relations marchandes internes d'une cité, on est passé à un réel trafic entre villes et entre nations. Le commerce entre nations a tout d'abord concerné les produits de luxe (épices, étoffes, bijoux...) puis les matières premières (bois, minerais, métaux) et enfin les denrées alimentaires. Les grands commerçants comme les phéniciens et les carthaginois ont ainsi joué un rôle prépondérant dans le développement économique des sociétés antiques en permettant le négoce pour tout type de production.
Cet essor commercial, directement dépendant des systèmes de transport, va encourager l'amélioration des techniques de transport (développement des réseaux routiers, augmentation du tonnage des navires...) afin de renforcer plus encore les relations marchandes et de ce fait soutenir le développement économique .

Avant les bouleversements induits par la révolution industrielle, les transports étaient uniquement basés sur l'utilisation de la force animale pour le transport terrestre et sur la force éolienne pour le transport maritime. Les transports maritimes constituaient alors un enjeu commercial et géopolitique important car il s'agissait de la façon la plus performante de transporter des marchandises, tant au niveau des quantités pouvant être transportées que de la vitesse de déplacement. La maîtrise de la technologie maritime était donc un enjeu important car elle permettait de s'assurer un contrôle économique et géopolitique. Le volume des échanges s'améliora alors grâce aux politiques mercantiles prônant le développement économique au moyen du commerce extérieur et aux perfectionnement des moyens de transports. Les quantités de marchandises transportées entre les nations restaient néanmoins assez faibles (relativement aux critères actuels) jusqu'au XVIII$^{\text{ème}}$ siècle du fait des capacités de distribution limitée.

La révolution industrielle va donner un nouvel élan aux techniques de transports et de ce fait au développement commercial et économique. La mécanisation des systèmes de transports terrestres et maritimes et la généralisation de la machine à vapeur vont être à la base d'une ère nouvelle. L'essor économique va ainsi être accéléré par la construction des chemins de fer ainsi que par la modernisation des ponts et des chaussées. Le rail étant un moyen de transport de masse sur des distances toujours plus longues, il va constituer un facteur essentiel dans les mutations économiques accompagnant le processus d'industrialisation. Ainsi, la construction des chemins de fer déboucha sur une polarisation des activités économiques. Les centres, qui avaient déja augmenté leur potentiel économique grâce au développement du réseau routier aux XVIII$^{\text{ème}}$ et XIX$^{\text{ème}}$ siècle, furent les grands bénéficiaires de l'ère des chemins de fer. Les grandes villes des régions industrielles engagèrent alors tout leur poids économique et politique pour maintenir leur situation privilégiée et même la renforcer, en attirant à elles les lignes principales.

Le XX$^{\text{ème}}$ siècle va constituer une période importante dans le perfectionnement et la diversification des moyens de transports. L'apparition des systèmes de traction électrique va révolutionner les transports urbain alors que parallèlement on assiste au début de l'aviation. Dès lors, les progrès technique vont permettre de déplacer toujours plus de personnes toujours plus rapidement. Les infrastructures (aéroports, gares TGV...) vont se baser au sein des territoires les plus développés renforçant ainsi l'attractivité des grands pôles économiques.

Historiquement, les transports constituent donc un des moteurs du passage d'une économie de subsistance à horizon étroit à une économie industrielle vouée aux échanges à large échelle. Cette réalité ne pouvait, de ce fait, être omise dans les développements théoriques tentant de modéliser les interactions entre espace géographique et développement économique.

Introduction des transports dans la théorie économique.

L'intégration des transports dans la théorie économique s'est faite sur une longue durée. On voit apparaître la notion de coûts de transport très tôt dans les écrits de Von Thünen (1826). Il considère une plaine homogène au centre de laquelle se trouve une ville et montre notamment que plus le coût de transport d'un bien est élevé, plus sa production aura lieu à proximité du centre de cette ville. Cependant, les travaux de Von Thünen sont surtout pionnier en matière de rente foncière et d'avantage comparatif car il n'explique pas la concentration spatiale des firmes. Il faut attendre les travaux de Hotelling (1929), pour voir les notions d'espace géographique et de transports se développer au centre d'un modèle économique théorique avec en particulier la modélisation d'interactions stratégiques entre firmes. La formulation de Hotelling va s'établir comme un prolongement mais aussi comme une certaine remise en cause d'un article de Joseph Bertrand. Dans son article de 1883, "Théorie mathématique de la richesse sociale", Bertrand émet une critique sur le modèle de Cournot où deux firmes produisant un bien homogène se font concurrence par les quantités. Cette critique ne porte pas sur la justesse des résultats mathématiques mais sur le raisonnement économique sous-jacent. Pour Bertrand, ce ne sont pas les quantités mais les prix qui constituent les variables de décisions pertinentes. Il développe donc un modèle dans lequel deux firmes se font concurrence en prix sur un marché homogène. L'idée d'une concurrence par les prix est bien évidemment pertinente mais l'équilibre résultant du duopole de Bertrand (à savoir des profits nuls) est problématique. Le duopole de Bertrand possède les mêmes propriétés que la concurrence parfaite (prix égal au coût marginal et profit nul). Harold Hotelling constate que contrairement à ce que montre le modèle de Bertrand, lorsqu'une firme fixe un prix inférieur à ses concurrents elle n'emporte pas toute la demande. Il est en effet peu probable que des biens soient de parfaits substituts. Il décide donc d'introduire l'espace géographique

comme facteur de différenciation. C'est à partir de cet article que les transports vont réellement s'insérer comme un facteur important dans la théorie économique. La mobilité des consommateurs n'étant pas sans coût, le fait de différencier géographiquement les firmes va créer une certaine "résistance" à la mobilité. Les consommateurs vont prendre en compte non seulement le prix de vente du bien mais aussi le coût engendré par son déplacement pour acheter ce bien. Un consommateur peut donc avoir intérêt à se fournir auprès d'une firme dont le prix de vente est plus élevé à partir du moment où les coûts de transport compensent la différence de prix. Ce modèle permet de faire émerger la situation où, contrairement au duopole de Bertrand, la firme fixant le prix le plus faible remporte la majeure partie mais pas la totalité du marché. Néanmoins, la résolution, en terme de choix de localisation, du modèle de Hotelling aboutit au "principe de différenciation minimale", c'est à dire à une situation où la force centripète prend l'ascendant sur la force centrifuge et où les firmes se localisent donc toutes les deux au centre de la ville à l'équilibre. Ce résultat va être remis en cause plus tard. Dans leur article de 1979, d'Aspremont et *al.* reviennent ainsi sur le modèle de Hotelling et montrent que son résultat est partiellement invalide dans la mesure où lorsque les firmes sont trop proches, il n'y a pas de concurrence stable en prix en stratégie pure. [5] La fonction de coût de transport linéaire retenue par Hotelling conduit à une discontinuité dans la fonction de profit. Afin de résoudre ce problème, les auteurs vont introduire une fonction de coût de transport quadratique mais cela va engendrer un résultat inverse à celui de Hotelling, à savoir une dispersion des activités dans l'espace. L'introduction de la distance géographique et de l'existence de coûts de transport permet aux firmes de dégager un profit positif à l'équilibre. L'équilibre de Bertrand devient alors un cas particulier, à savoir le cas où le coût de transport est nul. Transports et territoires ont dès lors un rôle prépondérant dans la théorie économique puisqu'ils contribuent à différencier

[5] Bester et *al.*(1996) montrent qu'il en existe une en stratégie mixte.

les firmes. Cette différenciation constitue le premier effet attribué au couple transport / territoire dans un modèle économique formel. Dès lors, une grande partie des travaux d'économie géographique va consister à retrouver le résultat de Hotelling afin d'expliquer un fait stylisé important : la polarisation spatiale des activités. Le cadre de Hotelling (1929) constitue donc une des racines de l'économie spatiale et va être, par extension, à la base de l'économie géographique. Il a en effet introduit les prémices de la construction d'une théorie sur l'organisation spatiale des activités dans laquelle la question des transports est au premier plan.

Ces notions de distance géographique, de transports, d'économies d'échelles et de concurrence imparfaite mobilisées dans ce modèle semblent s'insérer pleinement dans la problématique des échanges internationaux. Pourtant, la théorie classique du commerce international a longtemps négligé toute considération spatiale. Il faut attendre la fin des années 70 et la formalisation de la concurrence monopolistique par Dixit et Stiglitz (1977) pour voir apparaître un cadre pertinent pour l'étude de la localisation géographique des activités. Au début des années 90, Krugman (1991) va développer un modèle qui constituera le fondement de ce qu'on appelle désormais la "Nouvelle Économie Géographique". En utilisant la modélisation de Dixit et Stiglitz (1977), Krugman va expliquer la formation endogène d'une structure centre-périphérie.

Le coût de transport apparait dans ce modèle comme la variable stratégique de l'analyse. En effet, la répartition des activités productives va varier selon le niveau du coût de transport. Lorsque le coût de transport est très élevé les firmes produisent pour leur marché local. Si ce coût diminue mais reste élevé, l'échange de marchandises devient possible et les firmes se répartissent de manière symétrique entre les deux régions. Lorsque le coût est suffisamment faible, les firmes vont s'agglomérer dans une des deux régions.

Les transports constituent donc un paramètre primordial au sein de l'économique géographique en général et indifféremment du type d'approche (Microéconomie Spatiale, Nouvelle Economie Géographique, Commerce Internationale).

On peut néanmoins regretter que cet effort de recherche effectué afin de prendre en compte systématiquement les transports dans la théorie économique semble avoir masqué l'importance prise par les télécommunications dans les relations entre économie et territoire. Dans la majorité des modèles théoriques d'économie géographique, la seule infrastructure décrite est, en effet, une infrastructure de transport dont l'amélioration fait baisser les coûts de transport en diminuant la résistance physique de l'espace à la mobilité. La question traditionnellement posée dans ce type de modèle, tout comme dans différentes études empiriques, concerne le rôle des transports dans le développement économique et territorial. Ce rôle est généralement étudié en termes d'effets, une attention particulière étant portée sur les effets de la construction d'une nouvelle infrastructure de transport sur l'accessibilité, la réduction des coûts de transport, l'augmentation de la productivité mais aussi sur la pollution ou la congestion. Cependant, le lien de causalité entre transport et développement mais surtout la logique mécaniste de ces effets ont souvent été remis en cause.[6] Le fait de considérer une sorte de lien tellement privilégié entre les infrastructures de transport et le développement économique semble exclure l'idée même que ce soit l'articulation d'infrastructures de transport avec d'autres paramètres qui favorisent la croissance économique des territoires. Or, si l'on veut appréhender plus précisément les questions liant économie et territoires, on ne peut se permettre de se restreindre à l'intégration des transports. Les télécommunications, de par leur faculté à modifier notre relation à l'espace, doivent figurer comme un paramètre essentiel dans l'analyse du développement économique des territoires. Ceci est d'autant plus évident que l'on peut

[6] Voir Burmeister, Colletis-Wahl, 1997

aisément faire un parallèle entre l'évolution des moyens de transports, permettant de faire circuler plus vite et plus loin des personnes et l'évolution des moyens de télécommunications permettant de faire circuler plus vite et plus loin de l'information. On va ainsi voir comment les évolutions technologiques ont permis aux télécommunications de devenir si importantes dans nos modes de vie, notamment du fait des progrès effectués concernant le support des informations, qu'il semble impensable de ne pas les intégrer dans les modèles d'économie géographique.

Développement des télécommunications et importance de la diffusion d'informations : une approche historique.

Parallèlement au développement des systèmes de transport, la deuxième moitié du XIX$^{\text{ème}}$ siècle va voir émerger la possibilité de faire circuler des informations à distance grâce à l'apparition des systèmes de télécommunication.

Les premiers systèmes de télécommunications efficace vont apparaître dès 1838 avec l'avènement du télégraphe électrique [7]dont la mise au point pris d'emblée une dimension internationale [8]. La paternité du télégraphe électrique est en effet multiple et non pas le fait d'un chercheur isolé. Charles Wheatstone construisit le premier télégraphe électrique "européen" entre Londres et Birmingham en 1838 mais c'est Charles Morse qui déposa le brevet également en 1838 de l'appareil qui allait s'imposer par la suite. Le télégraphe inventé par Morse reposait sur deux idées principales : la mise au point d'un code composé d'un signal long et d'un signal court dont la combinaison permettait de retranscrire toutes les lettres de l'alphabet et l'exécution des signaux grâce à un appareil mécanique. La première liaison américaine fut effectuée entre Washington

[7]La découverte de l'électroaimant en 1820 constitue un évènement essentiel permettant d'ouvrir la voie au télégraphe électrique.

[8]Cette caractéristique se retrouve pour toutes les inventions majeures concernant les télécommunications.

et Baltimore en 1844. Le télégraphe va ensuite rapidement progresser, notamment du fait de l'amélioration constante des systèmes de codage permettant d'augmenter considérablement le débit d'informations transmises. Le principal problème était alors de permettre des liaisons intercontinentales, ce qui nécessitait de traverser les océans. La pose du premier câble transatlantique en 1865 marque le commencement d'une nouvelle ère dans l'histoire des télécommunications, celle de la mondialisation des échanges d'informations. Cette nécessité de relier les différents continents montre à quel point les télécommunications se positionnèrent rapidement comme un outil stratégique et témoigne de l'importance accordée à l'échange d'informations. Le développement du télégraphe aboutit en 1876 à la création du téléphone. Là où le télégraphe transmettait des signaux écrits, le téléphone permettait de transmettre la voix humaine. La communication devenait donc interactive avec le téléphone alors que la communication télégraphique était unidirectionnelle (de l'émetteur vers le récepteur). Évidemment, les premières liaisons téléphoniques ne dépassaient pas le cadre urbain et l'expansion des réseaux téléphoniques sur de plus longues distances se fit au gré des nombreuses évolutions technologiques. En janvier 1915, une liaison téléphonique entre New-York et San Francisco fut inaugurée. Cette date marque le début de l'ère des télécommunications telle qu'on pourrait les définir aujourd'hui, avec la possibilité de mettre en relation des personnes éloignés géographiquement [9] et de leur permettre d'échanger de manière interactive. A partir de ce moment, les systèmes de télécommunications vont progresser de manière régulière jusque dans les années 60. La fin des années 60, va être marquée par quatre changements technologiques majeurs (Ungerer, 1988) :

– Le développement de la microélectronique et l'apparition des circuits intégrés. Les puces électroniques se sont peu à peu substituées aux tech-

[9] Cette mise en relation des personnes a, préalablement, nécessité un effort technique important quant à la question de "l'aiguillage" des communications.

niques électromécaniques permettant ainsi de réduire les coûts et la consommation énergétique des dispositifs de transmission.

- Le début de la numérisation. La numérisation a permis de faire évoluer les réseaux de télécommunications comme de réels systèmes informatiques, ce qui est à l'origine de la multiplicité des services offerts par les systèmes de télécommunications actuels.
- Les innovations dans le domaine de la commutation[10].
- L'émergence de nouvelles techniques de transmission.

Ces changements vont être à la base de l'accélération spectaculaire des progrès technologiques liés aux télécommunications qui va profondément modifier nos modes de vie et nos sociétés. Ainsi l'avènement,de la téléphonie mobile, d'Internet et des outils liés comme les messageries instantanés et les systèmes de vidéoconférence vont donner à chacun un accès quasi sans limite au reste du monde. La possibilité de se coordonner et d'échanger à distance, en temps réel et dans quelque localisation que ce soit modifie forcément notre rapport à l'espace géographique.

De l'importance de la prise en compte des télécommunications en économie

Les télécommunications ont permis une diffusion massive de l'information. A l'heure où les systèmes de télécommunication prennent une place prépondérante dans nos modes de vie, la question de l'impact des Technologie de l'Information et de la Communication (TIC) sur le développement géographique et économique est, logiquement, devenue récurrente. Au niveau Européen, la question centrale est de savoir si le développement des TIC est de nature à favoriser un rattrapage économique des régions les plus défavorisées (régions

[10]La commutation consiste à établir temporairement une liaison entre deux noeuds d'un réseau.

géographiquement excentrées, territoires ruraux, zones en retard de développement...). L'argument principal en ce sens invoque le fait que les distances n'auront plus d'importance dans les processus de production et de diffusion de l'information. Les firmes opérant ces processus n'ayant plus à considérer la distance au marché dans leur choix de localisation, certains en ont déduit que la tendance imposée par la révolution des TIC allait permettre aux régions périphériques de se relancer économiquement. Cette vision première s'est vue confortée par l'expérience de certaines régions européennes, initialement en difficulté, et qui ont connu un fort essor économique en devenant des territoires cibles pour les secteurs producteurs de TIC. Les régions de Dublin en Irlande, d'Helsinki en Finlande ou encore de Stockholm en Suède constituent les exemples les plus souvent cités de ce type de réussites. A l'échelle de l'Europe, ces expériences montrent bien la capacité qu'ont eu certaines régions excentrées par rapport au cœur économique, à se repositionner avantageusement suite à la révolution des TIC (Bellone 2007). Ainsi, la primauté du facteur transport dans les choix de localisations industrielles, sans être totalement remise en question, a fait place à une notion plus complexe. Les progrès techniques ont progressivement modifié les facteurs infrastructurels clés de l'attractivité économique et du développement territorial. De ce fait, les infrastructures de télécommunication ont désormais un rôle renforcé comme facteur d'attractivité. Ceci est parfaitement illustré par l'étude de Dangoisse (1995) sur de possibles stratégies pour l'emploi en Belgique et plus particulièrement en Wallonie. Il privilégie pour cela la mise en avant de liens entre réalisation ou amélioration d'infrastructures et stimulation de l'emploi. Cette étude nous montre que, bien que la région wallone dispose d'infrastructures de transport de bonne qualité la situant dans le groupe des 15 régions les mieux dotées en Europe, elle n'attire pas beaucoup les investissements et les entreprises internationalisées. Parmi les explications à cela, on trouve la subsistance de lacunes en Wallonie en matière de télécommunications. Une des conclusions de l'auteur

est d'ailleurs que : *"l'enjeu des télécommunications à large bande est une priorité en matière d'infrastructures, tandis que la Wallonie ne dispose que d'une infrastructure de télécommunication de base plus faible que les autres régions du Nord de l'Europe."* Cette étude, bien que n'étant pas récente, nous montre que les systèmes de télécommunications sont devenus des facteurs primordiaux de l'attractivité régionale. C'est donc bien la coexistence d'infrastructures de transport et de télécommunications ainsi que la manière dont elles interagissent qui semble décisif pour expliquer une partie du développement économique des territoires.

Nous sommes donc en droit de nous demander en quoi l'introduction des télécommunications **en plus** des transports modifie les mécanismes et les résultats mis en évidence dans les modèles d'économie géographique. Les problématiques d'ordre territorial liées à l'articulation entre télécommunications et transports doivent prendre en compte différents éléments comme la différenciation géographique entre les territoires, l'inégalité face aux déploiements des réseaux de télécommunications, le rôle des politiques publiques ou encore la fluidité spatio-temporelle du travail.

Plan de thèse

Afin de répondre à cette problématique nous développerons quatre chapitres.

Dans un premier chapitre, nous nous intéresserons à la littérature portant sur la question de la substituabilité ou de la complémentarité entre transports et télécommunications afin de mieux comprendre comment les télécommunications peuvent relâcher ou au contraire renforcer les contraintes de proximité. Cette littérature est basée sur des travaux très peu formalisés mais elle permet de mettre en évidence les enjeux liés à la coexistence de systèmes de transports et de système de télécommunications ainsi que ses effets potentiels.

Nous constaterons que les relations transports-télécommunications ne sont pas faciles à appréhender et ont fait l'objet d'a priori et de points de vue contradictoires.

Par la suite nous nous attacherons à intégrer les télécommunications dans des modèles d'économie géographiques afin de mettre en évidence les mécanismes en jeu concernant les interactions entre transports, télécommunication et territoires. Ainsi, dans un second chapitre, nous verrons, dans le cadre d'un modèle à la Hotelling, comment les télécommunications peuvent modifier le comportement concurrentiel des firmes lorsque ces dernières mettent en place une coopération en Recherche et Développement. Cette phase de coopération passant à la fois par des contacts face à face et des échanges via les systèmes de télécommunication, sera formalisée en reprenant les relations mises en évidence dans le premier chapitre. Une attention particulière sera portée sur l'arbitrage des firmes entre échanges virtuels, via les TIC, et échanges face à face nécessitant l'utilisation préalable des transports.

Dans un troisième chapitre, nous changerons de cadre formel pour nous intéresser aux modèles urbains et à la question de l'impact de la coexistence des systèmes de transport et de télécommunication sur la structuration et l'attractivité des territoires. Le point principal de ce chapitre sera de se pencher sur cette problématique lorsque deux territoires sont en concurrence mais pourvus d'infrastructures de qualités différentes. On verra alors, qu'un développement qualitatif des infrastructures des territoires initialement moins bien dotés a un effet globalement positif au niveau de l'attractivité mais que l'intensité de cet effet est d'autant plus faible que le retard infrastructurel initial est important.

Enfin, dans un quatrième et dernier chapitre, nous nous pencherons sur la question du télétravail. Cette organisation du travail, de plus en plus en vogue, est totalement dépendante du développement des systèmes de télécommunication et est mise en avant comme un moyen de relâcher les contraintes liées aux déplacements domicile-travail et donc aux transports. Nous verrons pourquoi

le télétravail constitue une thématique privilégiée et comment il est possible d'appréhender cette question à travers un modèle formalisé en utilisant le cadre développé dans le chapitre 3.

Chapitre 1

Transports et Télécommunications : Substitution ou Complémentarité ?

Sommaire

1.1 Introduction 19
1.2 L'idée de la substitution des transports par les télécommunications : vers la fin des distances ? 21
1.2.1 Une idée en vogue des années 20 aux années 90 . . . 22
1.2.2 Des facteurs de virtualisation certains... 24
1.2.3 ...mais des effets largement surévalués 29
1.3 Des relations plus complexes 31
1.3.1 La vision de la substitution des transports par les télécommunications est trop simpliste. 31
1.3.2 Des relations diverses qui ne se bornent pas à la substitution 33
1.3.3 La complémentarité comme relation globalement dominante ? 36
1.4 Conclusion 39

1.1 Introduction

Lorsque l'humanité s'est sédentarisée, la proximité physique s'est imposée à l'organisation spatiale des activités économiques et sociales. La multiplication des échanges, qu'ils soient marchands, financiers, sociaux ou informationnels, avait mis la notion de proximité au centre de nos vies. De nos jours, l'individu n'est plus au centre des considérations mais est considéré comme l'extrémité d'un ou plusieurs liens formant un réseau dans lequel les agents verront leur importance dépendre du nombre de leurs liens. La sphère locale n'est donc plus suffisante et l'on cherche à multiplier des contacts toujours plus éloignés. Les moyens de télécommunications jouent un rôle central dans cette *"quête"* qui consiste à rapprocher ce qui est lointain, à faire en sorte que notre perception de ce qui est proche soit élargie, et ce même si la nature de la proximité se trouve changée(la globalisation a modifié la définition que l'on donne à la proximité). Il ne s'agit plus uniquement d'un rapport à l'espace géographique. C'est là l'une des grandes modifications engendrée par l'avènement des TIC. On passe d'une proximité naturelle, physique à une proximité de plus en plus volontaire, construite par les agents[1]. Plus qu'une proximité géographique, on cherche une accessibilité, une connexion. Les transports, qui endossaient historiquement la responsabilité de vecteurs de rapprochement, se retrouvent alors contestés dans ce rôle. Non seulement il n'est plus nécessaire de se déplacer pour être en contact avec quelqu'un situé à des milliers de kilomètres (ce qui était déjà possible avec le télégraphe ou le téléphone), mais les dernières évolutions permettent d'avoir un contact visuel à distance avec la personne en question grâce aux webcams. Il est également possible de converser en même temps avec plusieurs personnes elles mêmes séparées par des milliers de kilomètres. Les TIC ont donc permis une sorte d'ubiquité fictive permettant d'être

[1]Pour une analyse concernant la richesse sémantique de la notion de proximité on peut se référer à Rallet et Torre (2004).

partout dans le monde tout en restant chez soi. Ceci n'est pas sans nous interpeler quant aux changements engendrés par ce glissement d'une proximité physique vers une proximité virtuelle. Claisse (1997) pose d'ailleurs la question suivante :

"Ne risque-t-on pas sous couvert d'une nouvelle proximité électronique d'évacuer toute proximité locale ?"

Les enjeux de ce changement relatif à la conception même de la proximité sont multiples tant au niveau économique que social. En effet, la concentration spatiale des entreprises et des populations constitue une des caractéristiques majeures des économies contemporaines. Ce phénomène d'agglomération est justifiée par les travaux de la Nouvelle Économie Géographique (NEG) à travers l'idée que les agents économiques ont des interactions nécessitant une proximité géographique. L'existence éventuelle d'externalités de localisation renforce également l'intérêt pour un agent (firme ou ménage) à s'implanter près de ses concurrents ou de ses partenaires. Cette justification paraît moins convaincante dès lors que l'on considère que les agents peuvent se coordonner à distance en temps réel, notamment grâce à Internet (Rallet et Torre, 2004). A partir du moment où les relations face-à-face semblent pouvoir être remplacées par des échanges virtuels, l'espace géographique et les infrastructures permettant de l'arpenter ne deviennent-ils pas obsolètes ?

Cette question peut sembler extrême mais, comme nous le verrons par la suite, c'est la position tenue par un nombre important de chercheurs jusque dans les années 90 : les télécommunications se substitueraient aux transports, le cyber-espace se substituerait aux territoires.

Ce point de vue peut néanmoins, d'ores et déjà être tempéré si l'on considère que seul ce qui est de l'ordre de l'information peut être véhiculé via les systèmes de télécommunications et que les marchandises ne peuvent être acheminées que par des moyens de transports. De plus, le fait de pouvoir rentrer

en contact avec le reste du monde engendrant de nouvelles opportunités, on pourrait même imaginer que les télécommunications induisent une hausse des déplacements. Cette dernière approche s'est d'ailleurs fortement développée depuis le milieu des années 90.

Les relations entre télécommunications et transports ne sont donc pas simples et la littérature existante, concernant cette thématique, pose globalement les deux problématiques suivantes :

- Les relations entre transports et télécommunications sont-elles de l'ordre de la substitution ou de la complémentarité ?
- En quoi la nature des relations entre transports et télécommunications peut affecter notre rapport à l'espace ?

Ce chapitre a pour but de retracer l'évolution des travaux concernant cette problématique et de montrer à quel point il est complexe de faire émerger une tendance globale concernant les effets des interactions entre transports et télécommunications. Pour cela, nous verrons, dans une première partie, comment l'idée d'une substitution des transports par les télécommunications, engendrant la fin des distances, s'est solidement installée dans l'imaginaire de chacun jusqu'aux années 90. Puis, dans une seconde partie, nous verrons comment cette vision trop simpliste a été remise en cause du fait d'un examen plus approfondi concernant la diversité des relations entre transports et télécommunications.

1.2 L'idée de la substitution des transports par les télécommunications : vers la fin des distances ?

Le développement spectaculaire des infrastructures de télécommunications et l'évolution exponentielle des services associés sont supposés entraîner un bouleversement dans la localisation des activités. Pendant de nombreuses années, les télécommunications ont été perçues comme un moyen permettant de

substituer des flux virtuels d'informations à des flux physiques de personnes. Le besoin de proximité serait, dans ce cas, relâché entraînant une modification des comportements de localisations.

1.2.1 Une idée en vogue des années 20 aux années 90

Le discours sur la fin des distances n'est pas récent et a connu un réel engouement jusqu'aux années 90. Comme le relève Flichy (1991), le télégraphe était déjà, il y a plus de deux siècles, porteur d'utopies territoriales car il devait permettre la communication instantanée. En 1890, Alfred Marshall écrivit ainsi à propos de la localisation des firmes :

"Every cheapening of the means of communication, every new facility for the free interchange of ideas between distant places alters the action of the forces which tend to localize industries"[2].

Il pensait donc que les évolutions des transports (développement des chemins de fer) et des télécommunications (télégraphe sans fil) tendraient à relâcher les contraintes de proximité primordiales dans les décisions de localisation. Ceci constitue les prémisses d'un courant de pensée basé sur l'idée que les progrès techniques devaient à terme permettre de "se libérer" d'un cadre spatial.

Cette littérature s'est fortement développée dans les années 70 et jusqu'aux années 90. Ces travaux consistaient pour l'essentiel à évaluer dans quelles mesures les télécommunications pouvaient constituer une alternative aux déplacements, qu'ils soient personnels ou professionnels. Les impacts des TIC sur la mobilité sont donc alors uniquement analysés à travers l'idée réductrice que les télécommunications se substituent aux transports. Suivant cet argument, les distances ne constitueraient plus une contrainte forte et les avantages liés à la proximité géographique (économies d'agglomération) seraient amoindris

[2]Toute diminution de prix des moyens de communication, toute nouvelle installation permettant d'échanger librement des idées entre des lieux éloignés, fait obstacle aux forces qui tendent à localiser les industries.

(Bakis, 1990). Dès lors, la pertinence des villes serait remise en cause et les TIC deviendraient des *"machines à faire disparaître l'espace "*. En effet, si l'on suit Meier (1972) et Claval (1981), les villes ne seraient en fait que des "artéfacts" créées pour constituer un support aux échanges et faciliter les contacts. Webber (1964) pense même que le développement des télécommunications devraient à terme mener à la dissolution des villes et engendrer un retour massif vers les campagnes. Cette posture quelque peu extrême montre bien les illusions véhiculées par les améliorations technologiques. Graham et Marvin (1996) soulignent pour leur part l'articulation spatio-temporelle antinomique liant la ville et les télécommunications : alors que la principale fonction de la ville est de vaincre le temps par l'espace en minimisant le temps nécessaire pour se rencontrer et échanger du fait de la proximité spatiale, les télécommunications permettent de vaincre l'espace par le temps. Ils affirment néanmoins que cette articulation antinomique n'est pas suffisante pour se libérer complètement des contraintes spatiales. La question d'une décentralisation à grande échelle des emplois constitue également un enjeu important au sein de ce courant de pensée comme le souligne Janelle (1995).

Cette conjecture sur la relation de pure substitution entre transports et télécommunications va être à la base de plusieurs travaux suscitant de forts espoirs concernant le développement des territoires les plus défavorisés.

Le rapport Théry (1994) au premier ministre fait ainsi preuve d'un engouement non dissimulé quant au potentiel des TIC à homogénéiser la répartition des activités et des populations sur le territoire :

"L'effacement des distances grâce aux autoroutes de l'information va réduire l'intérêt de concentrer acteur et activités dans un même lieu géographique, et celui de se rapprocher des grandes agglomérations pour accéder à des services de qualité (...). D'une façon générale, la garantie d'obtenir partout des services aussi diversifiés et de même qualité rendront leur attrait naturel à de

nombreuses zones actuellement en voie de désertification. C'est l'amélioration de la qualité de vie de beaucoup qui est en jeu par une répartition plus harmonieuse de la population sur le territoire."

L'idée défendue dans ce rapport est que la démocratisation des TIC serait, par nature, une solution adaptée aux problèmes de congestion des centres urbains et de développement des territoires en difficultés. Néanmoins, plus que la nature des TIC, c'est l'évolution de ces dernières ainsi que de notre société qui poussent à une certaine forme de virtualisation. L'un des défauts majeurs de ces différents travaux est de présupposer la relation de substitution entre télécommunications et territoires sans même définir les facteurs et les caractéristiques inhérents aux TIC permettant de faire cette hypothèse. Or, cela est essentiel pour bien évaluer le potentiel des TIC comme substituts aux déplacements mais également pour mettre en évidence les limites de ce processus.

1.2.2 Des facteurs de virtualisation certains...

Comme nous allons le voir, un certain nombre de facteurs liés aux technologies de l'information et de la communication (TIC) permettent de penser que l'espace physique comptera de moins en moins. Cette idée s'est trouvée renforcée par l'avènement d'Internet qui est devenu un outil incontournable. Comme le montre la Figure 1.1, le nombre d'utilisateurs d'Internet dans le monde a littéralement explosé en une dizaine d'année. Le fait que le web devienne un objet du quotidien contribue grandement à une certaine forme de virtualisation des relations aux autres. La démocratisation des TIC est donc un facteur important dans le processus de substitution des flux virtuels aux flux physiques.

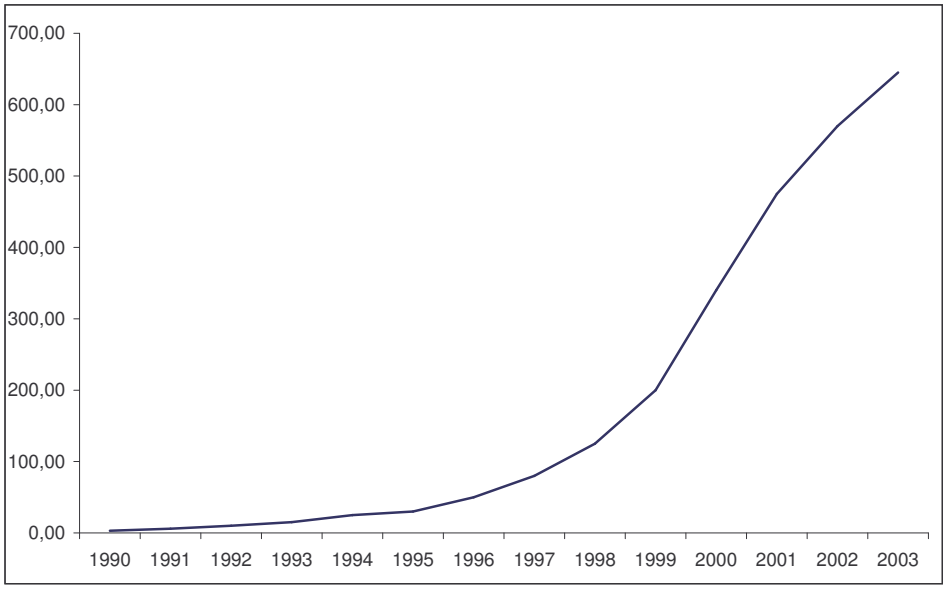


Fig. 1.1: Nombre d'internautes dans le monde (en millions)
Source : Internet World Stats

Rallet et Burgmeister (2002) distinguent pour leur part trois facteurs principaux qui poussent à l'abolition de l'espace :

– *"Des technologies en rapide développement et aux potentialités spectaculaires."*

  En quelques années, des fonctionnalités semblant relever de l'utopie il n'y a pas si longtemps sont devenues disponibles pour tout un chacun. La numérisation et l'évolution exponentielle de la puissance des ordinateurs (illustrée par la loi de Moore) ont fortement accéléré le développement des télécommunications à la fois en termes de performance et de caractéristiques. La technologie actuelle permet de communiquer avec n'importe qui, n'importe où dans le monde (pour peu que les protagonistes aient accès aux équipements nécessaires). Ces communications peuvent prendre

des formes diverses (écrits, voix, images) et tendent à permettre ce que seules les relations face-à-face permettaient auparavant.

– *"Des coûts fortement décroissants."*

Au delà des progrès technologique, la baisse du coût d'utilisation des différents modes de télécommunication est un paramètre primordial dans la diffusion des TIC. La plupart des agents économiques ont désormais rapidement accès aux usages les plus sophistiqués. Cette démocratisation des systèmes de télécommunication les plus performants alimente l'imaginaire qui accompagne le développement technologique. Car l'éventuelle "virtualisation du monde" passe par la fin de la fracture numérique et la possibilité pour tous d'avoir accès aux TIC. Cette décroissance des coûts est notamment due au fait que les TIC sont essentiellement basées sur une économie du logiciel caractérisée par des coûts marginaux très faibles. Une fois le logiciel créé, le coût de duplication et de diffusion est peu élevé. La vente massive de logiciels va donc générer une réduction importante des coûts unitaires et donc à terme une baisse des prix comme le montre la figure 1.2.

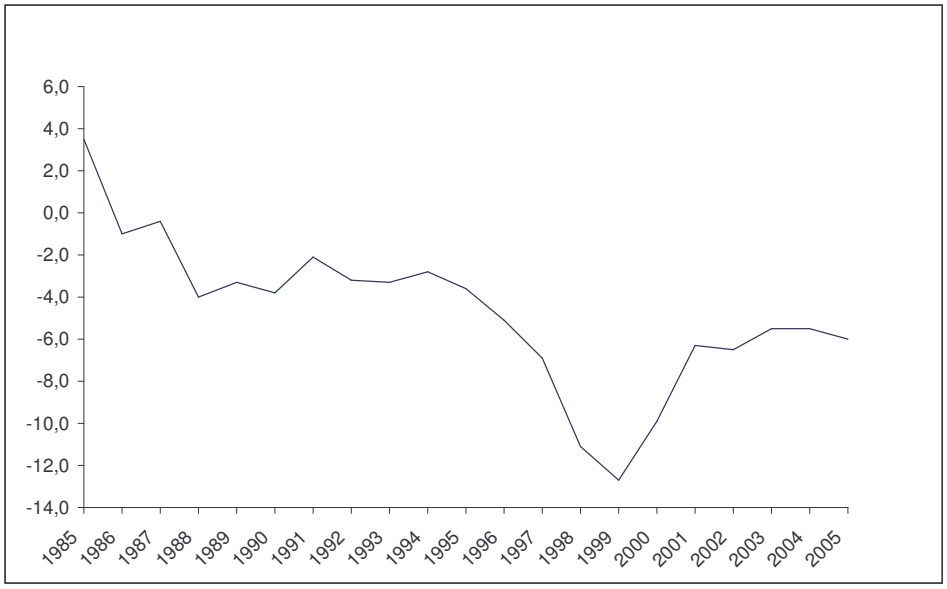


Fig. 1.2: Evolution annuelle des prix des TIC (en %)
Source : INSEE

Cette baisse des prix va permettre aux agents économiques de s'équiper de plus en plus en biens et services liés aux télécommunications et donc de renforcer l'importance des TIC dans nos économies.

– *"Une économie de plus en plus immatérielle."*

Le recours à la numérisation permet de dématérialiser complètement les biens informationnels. Ceci permet d'obtenir instantanément des documents et de les archiver sans en subir l'encombrement. Il contribue également à la diffusion à distance de la connaissance. Cette dématérialisation permet donc de diminuer les contraintes de l'espace physique mais aussi de conférer un attrait supplémentaires aux TIC. Il faut également noter que les rapides évolutions technologiques vont inciter à un renouvellement de plus en plus fréquent des équipements ce qui contribue grandement à

soutenir les volumes d'achat de biens et services liés aux télécommunications. Cela est également renforcé par l'importance qu'ont pris les TIC dans notre quotidien et qui nous amène à tout faire pour ne pas être "déconnecté" du monde virtuel. Dès lors, la part des produits relatifs aux télécommunications prend une place plus importante dans nos habitudes de consommations comme le montre la figure 1.3

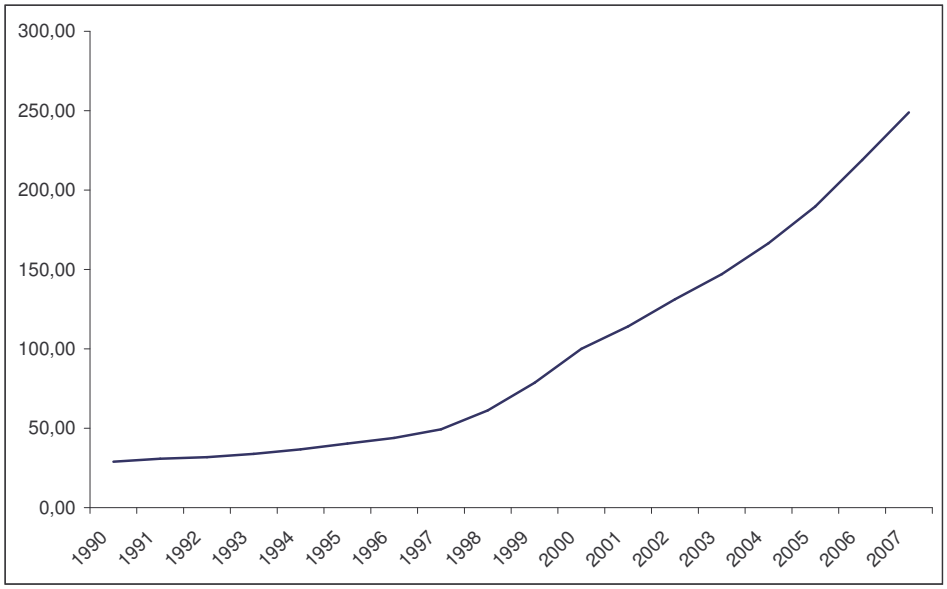


Fig. 1.3: Consommations des produits TIC (Indice de volume base 100 en 1980)

Source : INSEE

> Depuis 1997, les dépenses en volume en biens et services des technologies de l'information et de la communication progressent à un rythme supérieur à 10 % par an. En 2007, la hausse est de 13,7 % après une hausse de 15,8 % en 2006.

Les TIC ont donc bien des caractéristiques permettant de penser que l'espace géographique pourrait compter de moins en moins et que la virtualisation de notre société serait effectivement être en marche. Néanmoins, il semble naïf de penser que ce processus n'a aucune limite.

1.2.3 ...mais des effets largement surévalués

Alors que les analyses les plus "optimistes" prévoyaient une réduction draconienne des déplacements ainsi qu'une profonde réorganisation territoriale, les résultats n'ont pas été à la mesure des espérances. Le fait est que, l'augmentation conjuguée des transports physiques et des flux d'information va à l'encontre des effets spectaculaires annoncés depuis plus de 30 ans.

Si l'on prend l'exemple du transport aérien, dans les années 90, on a constaté des taux de réduction des déplacements, grâce aux techniques de visioconférence, de l'ordre de 7 à 11 % (Massot, 1995) alors que 20 ans plus tôt on annonçait des taux de réduction de l'ordre de 20 %.

L'exemple du télétravail en est une autre illustration.[3] Alors qu'on prévoyait une véritable explosion du nombre de télétravailleurs avec le développement des techniques de communication, on constate aujourd'hui que l'impact n'a pas été aussi important que prévu et qu'en plus, les effets même du télétravail sur les déplacements ont été mal évalués. En effet, alors qu'on supposait le télétravail comme un moyen de diminuer largement la pollution urbaine en diminuant le nombre de déplacements, on a constaté que cet impact du télétravail sur la

[3]Ce point sera abordé plus en détail dans le chapitre 4 qui se focalisera sur la question du télétravail.

pollution était loin d'être aussi trivial. Pour expliquer ceci, l'analyse de Rietveld et Vickerman (2004) est assez intéressante : il ne faut pas s'attarder sur le nombre de déplacements mais sur leur distance. Le télétravail peut encourager les télétravailleurs , qui ne se rendent sur leur "lieu de travail" qu'une ou deux fois par semaine, à vivre plus éloignés de la firme qui les emploie. Par exemple, au lieu de parcourir une distance de 10 kilomètres 5 jours par semaine, ils vont parcourir une distance de 30 kilomètres 2 jours par semaine, ce qui induit une hausse de la distance parcourue de 20 % . On voit à travers cet exemple qu'il faut bien considérer le lien entre les TIC et les transports comme une relation complexe et ne pas prendre en compte seulement les effets les plus évidents comme le faisaient les auteurs prévoyant le remplacement pur et simple des transports par les moyens de communication. Le problème ne réside pas dans le fait de considérer que les systèmes de télécommunications **peuvent** constituer une alternative aux déplacements mais dans le préalable selon lequel les systèmes de télécommunications **vont** constituer une alternative aux déplacements. Cette affirmation sur le remplacement inéluctable des déplacements par des flux virtuels d'informations ne laisse pas la place à une analyse plus fine. Particulièrement, dans ces travaux on note une généralité certaine sur la notion de "déplacement" qui est vue comme tout flux physique. Or, le fait de considérer les déplacements de manière globale, comme s'ils étaient équivalents quelle que soit leur motivation ou leur nature, semble constituer un raccourci pouvant expliquer en partie les différences constatées entre les résultats espérés et la réalité. Les flux virtuels générés par les télécommunications n'ont pas tous vocations à se substituer à des déplacements "physiques" et tous les déplacements "physiques" ne peuvent être remplacer par des flux virtuels. Les télécommunications s'insèrent donc dans les problématiques d'ordre territorial et modifient le rapport à l'espace sans se contenter d'être un "outil" de substitution aux transports.

1.3 Des relations plus complexes

1.3.1 La vision de la substitution des transports par les télécommunications est trop simpliste.

A partir du milieu des années 90, le rapport entre l'espace et les TIC va, très logiquement, apparaitre comme plus complexe que les visions prédominants jusqu'alors. La non-réalisation des prévisions faites des années auparavant sur la substitution des TIC aux déplacements va relancer le débat sur l'impact des TIC sur les déplacements et les territoires.

De nombreux travaux vont alors justifier le fait que les possibilités offertes par les TIC n'ont pas les effets escomptés à travers la mise en évidence de certains raccourcis trop simplistes que nous avons évoqués auparavent. La réduction aux seuls effets de substitution dans l'analyse des conséquences des TIC sur la mobilité masque la diversité des interactions entre transports et télécommunications. Par ailleurs, la diffusion des TIC n'est pas uniforme sur les territoires ce qui réduit considérablement la portée des espoirs concernant une homogénéisation des activités sur les territoires ou un retour massif vers les zones rurales. Malecki (1996) souligne ainsi le manque d'infrastructures adéquates dans les régions faiblement peuplées.

De plus, comme le note Jonas (2001) :

"L'analyse des impacts spatiaux des technologies se heurte à l'inertie des territoires construits, à l'évolution des formes urbaines qui s'inscrit sur le long terme, à la transformation des usages sociaux bien plus lente que le rythme de l'innovation technologique, au manque de données et de recul."

Les évolutions technologiques ne permettraient donc pas de modifier, en profondeur et à très court terme notre société car si les TIC constituent un secteur en perpétuelle évolution semblant s'adapter de manière quasi instantanée (Il suffit souvent de télécharger une mise à jour ou un patch pour bénéficier

des dernières améliorations), les territoires, eux, n'ont pas cette propriété et conservent une certaine inertie. Les TIC verraient ainsi leurs impacts territoriaux éventuels être fortement liés aux stratégies et aux tendances préalables (Capello ,1994).

D'après Salomon (1998), une autre limite permettant de considérer comme un "mythe" la disparition des notions de distance et de déplacement réside dans la nature des télécommunications. En effet, ces dernières ne peuvent être considérées comme de parfaits substituts aux déplacements. Il serait trop simpliste de se restreindre à un choix binaire : substitution ou non. Il faut considérer cette notion de substituts en se demandant non pas si les télécommunications constituent un substitut aux transports mais plutôt quel est le degré de substituabilité entre télécommunications et transports. Pour Mokhtarian (1997), il n'est pas forcément évident que les systèmes de télécommunications soient de très bons substituts aux moyens de transports. Tout d'abord, parce que souvent l'alternative supposée à la télécommunication (à savoir le déplacement) n'est souvent pas disponible ou alors est extrêmement coûteuse. Ensuite, parce que la qualité des échanges via les systèmes de télécommunications n'est, malgré toutes les avancées technologiques, pas encore équivalente à la qualité des relations face à face. De même, plusieurs travaux ont mis en évidence l'existence d'un savoir-faire non codifiable dans tout transfert technique. Gertler (1995), dans une enquête sur le secteur manufacturier canadien, a ainsi constaté que tous les intervenants soulignaient l'importance d'une présence *in situ* d'un représentant du fabricant dans la réussite d'un transfert d'une technologie nouvelle [4]. Dans ce cadre, les systèmes de télécommunications (aide en ligne, vidéos explicatives...) sont perçus comme de piètres substituts à la présence physique d'une personne possédant un réel savoir-faire. Saxenian (1991), rapporte ainsi

[4]Il peut s'agir par exemple de l'installation de nouvelles machines, de la prise en main d'un nouveau logiciel ou de la formation du personnel.

les propos de Robert Smith, président d'une entreprise basée dans la Silicon Valley :

"I don't care how well the specification are written on paper, they are always subject to misinterpretation. The only way to solve this is to have a customer's engineers right here. There is no good way to do it if you are more than fifty miles away."[5]

Malgré le développement technologique tendant à réduire les différences qualitatives entre ces deux modes de "coordination", les télécommunications ne peuvent pas encore se targuer d'être un parfait substitut aux déplacements. C'est donc cette notion de substituts parfaits qui empêchent le monde virtuel de prendre effectivement la place du monde physique.

1.3.2 Des relations diverses qui ne se bornent pas à la substitution

S'il est indéniable que les effets des télécommunications sur les déplacements existent bel et bien, leur mise en évidence n'est pas aussi simple. Patricia Mokhtarian (1997) souligne que bien que l'effet de substitution existe, il ne s'agit pas du seul effet possible. Elle distingue ainsi quatre relations possibles entre télécommunication et transport :

- **Substitution.**

  Les télécommunications entraînent une diminution des déplacements. Le potentiel des nouvelles techniques de communication pour se substituer à certains déplacements physiques, et donc aux moyens de transport, semble être admis depuis longtemps. Comme nous l'avons vu précédemment, la majorité des travaux effectués avant les années 90 prévoyaient très largement le remplacement progressif des flux physiques par des flux

[5]Je me moque de savoir si les spécifications écrites sont correctes, elles sont toujours sujettes à une mauvaise interprétation. Le seul moyen de résoudre ce problème est d'avoir les ingénieurs du client dans notre entreprise. Cela ne peut être possible si vous êtes à plus de 80 kilomètres.

virtuels de plus en plus efficaces, du fait de la croissance rapide des progrès et des développements des nouvelles techniques d'information et de communication.

– **Complémentarité.**

L'utilisation d'un des modes de communication (télécommunication ou infrastructure de transport) entraîne une augmentation de l'utilisation de l'autre. On peut de plus subdiviser cet effet en deux catégories :

- Amélioration : les télécommunications stimulent directement les déplacements, et inversement. Par exemple, les premiers mots de Graham Bell dans le téléphone qu'il expérimentait auraient été "Mr. Watson, come here ; I want you" générant ainsi un déplacement de son assistant. De nombreux autres exemples de télécommunications générant la demande d'un déplacement physique peuvent être mobilisés. De manière générale, on peut dire que la facilité croissante à communiquer, via les NTIC, augmente le nombre de nos contacts (Gaspar et Glaeser 1998) et, de ce fait, augmente le nombre d'opportunités de rencontres face à face. De plus, l'accès de plus en plus facile à l'information, notamment à propos d'activités ou de lieux touristiques, permet de renforcer l'envie de découvrir ces activités ou ces sites. On peut également argumenter que l'augmentation du nombre de déplacements peut entraîner une hausse de l'utilisation des moyens de télécommunications. En effet, plus le nombre de voyages croît, plus l'utilité et l'utilisation de la téléphonie mobile se renforcent.

- Efficience opérationnelle : les télécommunications entraînent une hausse des déplacements en rendant les systèmes de transports plus efficaces. Les télécommunications sont devenues indispensables aux opérations logistiques des différents modes de transport (aviation, rail, navigation...). Le développement des NTIC permet de rendre les systèmes

de gestion des transports plus efficaces en fournissant par exemple des informations sur l'état du traffic en temps réel permettant d'éviter les problèmes de congestion ou de fournir aux voyageurs en transit des informations en temps réel sur les éventuels retards. Tout cela permet de réduire l'incertitude pouvant s'associer aux déplacements et rend donc ceux-ci plus attractifs.

– **Modification.**

Parfois les NTIC peuvent aboutir à une modification des déplacements. Par exemple, l'utilisation d'un système de guidage par satellite peut entraîner une modification du trajet, notamment en terme de durée et de kilométrage. Dans ce cas précis, il n'y a pas d'effet de génération ou de substitution du déplacement, le déplacement aurait eu lieu de toute façon, mais il a été modifié.

– **Neutralité.**

Dans certains cas, l'utilisation d'un mode de communication n'affecte pas l'utilisation des autres modes. Ainsi un banal déplacement chez le boulanger ne créera pas de communication téléphonique. Cela peut paraître trivial. Pourtant, les premiers articles étudiant les relations entre transports et télécommunications ont parfois supposé que toutes les activités de télécommunications se substituent à des déplacements. En fait, le plus souvent, l'alternative à une activité menée par le biais des systèmes de télécommunications n'est pas de mener cette activité par le biais des systèmes de transports mais de ne pas effectuer l'activité du tout. Par exemple, tous les participants à une vidéo conférence ne se seraient pas déplacés si la conférence avait eu lieu en face à face.

On peut ajouter que, d'après Graham (1997), les nouvelles techniques d'informations et de communications contribuent à l'amélioration des transports

en termes d'attractivité, d'efficacité et de sécurité. Jonas (2001) insiste quant à lui sur le fait que la banalisation des TIC permet de valoriser ce qui n'est pas communicable comme les relations sociales de proximité.

Les relations entre transports et télécommunications sont donc complexes et peuvent passer de la substitution à la complémentarité en fonction des types de flux considérés.

1.3.3 La complémentarité comme relation globalement dominante ?

La recherche semble avoir fait volte-face en quelques années. Les travaux actuels tentent de démontrer la complémentarité du monde physique et du monde virtuel et non la substitution de l'un par l'autre comme le note Savy (1999).

Il semble alors s'établir qu'à la place d'une relation de substituabilité, il existe une relation de complémentarité telle entre télécommunications et transports que les flux d'informations, de transports de marchandises et de transports de personnes s'auto-renforcent. Ainsi, comme le précisent Rallet et Burmeister (2002) :

"Plus on communique, plus on a besoin de se rencontrer face à face. Plus on échange à distance de l'information plus on renforce la capacité à transporter des marchandises."

Les déplacements seraient donc censés croître depuis l'émergence et l'avènement des TIC. C'est ce qu'on constate sur les figures 1.4 et 1.5.

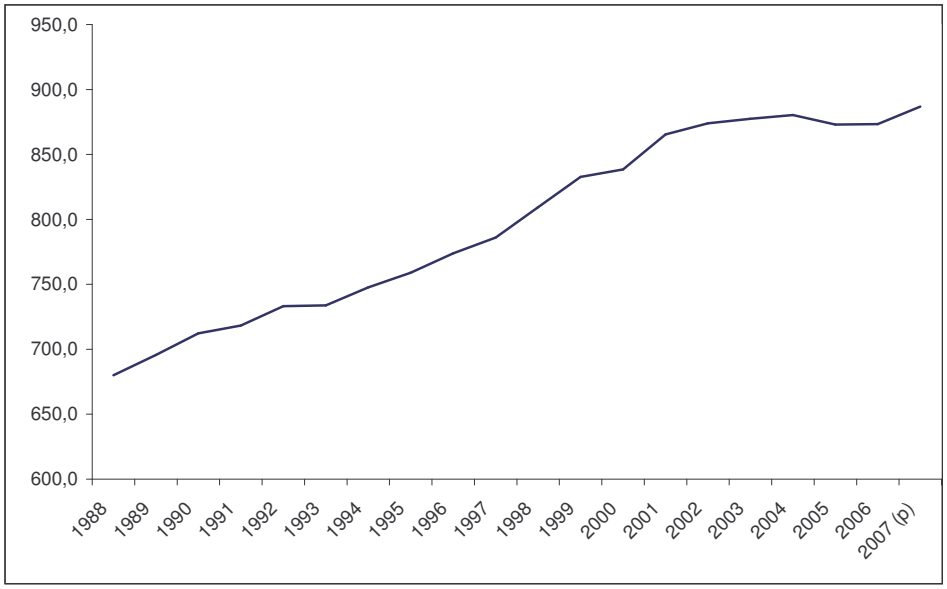


Fig. 1.4: Évolution du transport intérieur de voyageurs en France (en milliards de voyageurs-kilomètres)

Source : INSEE

Contrairement aux travaux soutenant la thèse selon laquelle les TIC allaient se substituer aux transports et que les déplacements allaient rapidement devenir inutiles, on constate que les transports intérieurs de voyageurs et de marchandises ne cessent d'augmenter. Il serait donc plus tentant de dire que la relation entre transports et télécommunications est de l'ordre de la complémentarité et de l'induction.

Ces hausses peuvent, néanmoins, trouver d'autres justifications que le développement des systèmes de télécommunications. Il faut donc être prudent dans cette analyse afin de ne pas tirer des conclusions trop hâtives et reproduire les mêmes erreurs de raccourci que nous avons mis en avant précdemment.

De plus, de nombreux travaux empiriques ont tenté de tester les effets de complémentarité et de substitution

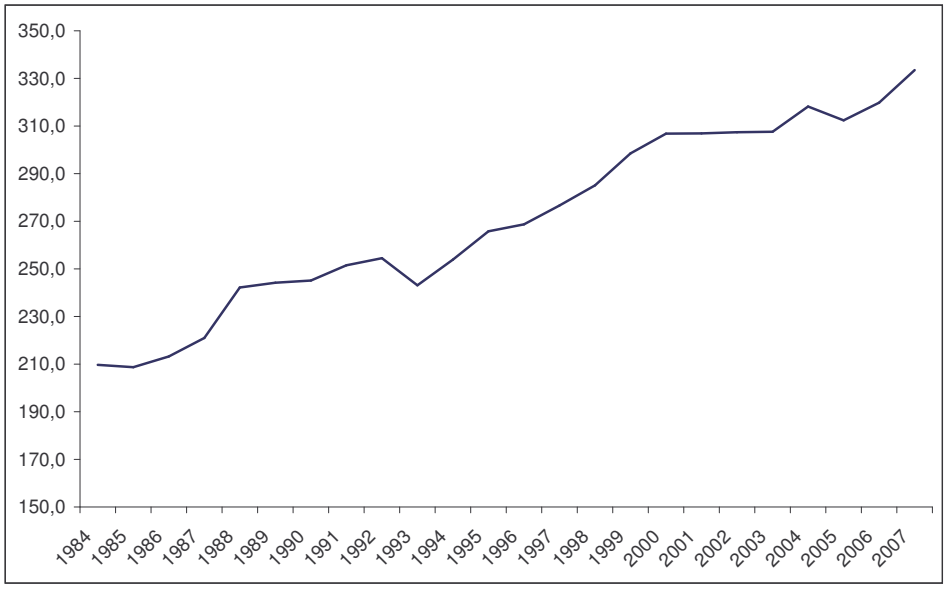


Fig. 1.5: Évolution du transport intérieur de marchandises en France (en milliards de tonnes-kilomètres)

Source : INSEE

Si Griffith et al. ont montré que la proximité géographique joue peut-être moins aujourd'hui, la majorité des travaux ont mis en avant la prépondérance des effets de complémentarité.

Ainsi Gaspard et Glaeser (1998) soulignent qu'avec le développement des télécommunications le besoin d'interactions physiques augmente. Charlot et Duranton (2006), pour leur part, montrent à travers l'enquête C.O.I. (Changement Organisationnel et Informatisation, 1997) le fait que les télécommunications ne sont en aucun cas substituables aux communications face-à-face. Galliano et Roux (2006) quant à eux mettent en évidence le fait que les outils TIC reste beaucoup plus utilisés en villes que dans les zones moins agglomérés. Ceci pourrait signifier, non seulement, que les TIC renforcent l'intensité

des échanges en villes et ne se substituent donc pas à l'espace et au besoin de transports, mais aussi que la vision d'homogénéisation territoriale est fausse.

Néanmoins, il est nécessaire de ne pas tirer des conclusions hâtives afin de ne pas retomber dans les mêmes travers qui ont été à la base des espérances les plus démesurées concernant le remplacements des flux physiques par les flux virtuels.

1.4 Conclusion

Il est donc indéniable que l'importance croissante des TIC et surtout la relation complexe de ceux-ci avec les transports, a un impact sur l'organisation spatiale et sur les déplacements. Néanmoins, une approche globale est toujours dangereuse car les motifs et la nature des déplacements peuvent différer. Certains déplacements peuvent devenir inutile grâce aux TIC, d'autres peuvent être induits par les TIC, d'autres peuvent être indépendants de l'existence même des TIC. Les impacts des TIC sur les territoires doivent donc être mesurés à une échelle suffisamment fine permettant de distinguer ces différentes relations entre transports et télécommunications. Même si l'on peut s'attendre à des effets économiques aussi bien au niveau macroéconomique que microéconomique, les effets des infrastructures des nouvelles techniques de communications et d'informations sur la croissance économique sont encore trop faiblement compris et étudiés pour conclure que ces infrastructures ont déjà créé de larges externalités (Crandall,1997). De plus, comme les réseaux prolifèrent avec des systèmes privés et publics qui se concurrencent mais aussi se complètent, il est encore plus difficile de démontrer l'intensité de ces externalités.

Néanmoins, il semble important de prendre en compte à la fois les TIC et les transports dans l'analyse de la transformation de l'espace. La thèse que nous défendons est donc que ce ne sont ni les télécommunications seules, ni les

transports seuls qui génèrent les effets spatiaux les plus importants mais bien leur coexistence et la façon dont ils s'articulent.

Les résultats des différentes études étant ambigus, vraisemblablement du fait de la complexité des mécanismes sous-jacents, il parait intéressant d'expliciter ces mécanismes. C'est ce que nous allons faire dans les chapitres suivants. Les relations entre transports et télécommunications étant dépendantes de la nature des échanges il faut en priorité distinguer les cas où les télécommunications peuvent se substituer aux transports des cas où les télécommunications vont générer des déplacements supplémentaires. Concernant les possibilités de substitutions possibles, il faut bien mesurer que dans le cas d'un remplacement d'un échange face-à-face par un échange via les systèmes de télécommunications, la question de la qualité de l'échange devra être posée. C'est ce que nous allons tenter de faire dans le Chapitre 2 en nous intéressant aux effets de la coexistence de systèmes de transports et de télécommunications dans les relations entre firmes.

Chapitre 2

Transports et Télécommunications : Impact sur les relations inter-firmes.

Sommaire

2.1 Introduction 43
2.2 Comment intégrer la coexistence des transports et des télécommunications dans la coordination inter-firmes ? 47
2.2.1 Deux grandes modalités de coordination : contact-face-à-face et télécommunications 47
2.2.2 Quel cadre pour modéliser les effets liés au choix de modalités ? 50
2.3 Construction d'un modèle prenant en compte à la fois les relations face-à-face et les relations virtuelles. 65
2.3.1 Motivation 65
2.3.2 Hypothèses 67
2.3.3 Concurrence en prix 72
2.3.4 Choix du niveau d'effort E_i 74
2.3.5 Substitution ou Complémentarité 77
2.4 Conclusion 80
2.5 Annexe 84
2.5.1 Compléments sur le modèle de Mai et Peng 84
2.5.2 Compléments sur le modèle de Piga et Poyago-Theotoky 87
2.5.3 Compléments sur le modèle que nous avons développé 90

2.1 Introduction

Lorsqu'on parle de relations entre firmes, on pense prioritairement aux relations de concurrence. Pourtant il est fréquent de voir des entreprises souhaitant développer des relations de coopération, notamment en ce qui concerne les activités de recherche et développement. Pour cela, il est nécessaire de mettre en place une coordination inter-firmes. La coordination peut se définir, de manière générale, comme une initiative de plusieurs personnes permettant de mettre en œuvre une action commune et visant à un but commun. En économie, plus spécifiquement, Dibaggio (1999) met en avant la problématique suivante :

"Comment des agents aux connaissances hétérogènes peuvent-ils se coordonner, c'est-à-dire partager des objectifs (échanger, produire, créer...) et adopter des comportements compatibles pour les atteindre."

Alors que l'économie néoclassique réduit la problématique de la coordination au marché (coordination par les prix), l'économie industrielle va se pencher plus précisément à la question de la coordination avec notamment les travaux de Coase (1937) sur les coûts de transactions dans l'alternative firme-marché puis de Williamson (1975 ; 2000), fondée sur les critères de fréquence, de spécificité et d'incertitude des transactions.

L'introduction de la problématique de la coordination inter-firmes en économie géographique est très liée à la question de la diffusion de connaissance et du développement des activités d'innovations. En effet, il est souvent mis en avant le fait que les activités d'innovations nécessite une collaboration entre firmes et donc une coordination préalable. L'efficacité de cette collaboration est bien entendu dépendante de la faculté qu'a chaque firme à s'approprier les connaissances des firmes avec lesquelles elle coopère. Les travaux portant sur cette thématique introduisent successivement trois hypothèses importantes et intimement liées :

– L'existence d'interactions stratégiques :

  Dès lors que l'on s'intéresse aux questions de coordinations entre firmes l'existence d'interactions stratégiques est incontournable afin de donner un intérêt au processus.

– La présence d'externalités de connaissance :

  La notion d'externalités de connaissance va apparaître dès 1890 avec Marshall. Les externalités de connaissance permettent aux entreprises de bénéficier de la présence de leur concurrent en captant une partie de leurs idées et de leur savoir.

  On retrouve cette notion dans la littérature portant sur les choix stratégiques en matière de Recherche et Développement des firmes. La formalisation se fait alors dans des cadres de concurrence oligopolistiques non spatialisés. Le modèle de Kamien et al. (1992) dans lequel le niveau final de Recherche et Développement d'une firme est fonction de ses dépenses en Recherche et Développement mais aussi des dépenses de ses concurrents va constituer un cadre important mettant bien en évidence l'idée qu'il est possible de bénéficier des efforts en R& D des autres firmes innovantes présentes sur le marché. La limite principale de ces travaux réside dans l'absence de la notion d'espace géographique. En effet, ici le fait de capter une partie du savoir des autres est exogène et indépendante de la distance entre firmes.

– L'introduction de la notion d'espace géographique :

  Il faudra attendre le début des années 90 pour voir émerger des travaux intégrant de manière formalisée cette force. Il est notamment plus intuitif de supposer que les externalités de connaissance sont sensible à la notion de proximité géographique à partir du moment où les interactions inter-firmes peuvent passer par des relation face-à-face nécessitant des déplacements préalables.

Le développement de l'économie géographique va généraliser l'introduction de l'espace géographique et va être à la base de l'émergence d'une nouvelle question importante en économie : *"comment justifier l'agglomération spatiale des activités innovantes ?"*

Les travaux tentant de répondre à cette problématique vont dès lors constituer un champ d'étude théorique et empirique important en économie qui vont s'inscrire dans le prolongement des nombreuses études portant sur le rôle de l'espace en économie et sur la question de la localisation des activités économiques.

Les travaux de Jaffe (1989) vont permettre d'aborder la question du rôle de la distance géographique dans la diffusion de la connaissance. L'espace va alors avoir un effet supplémentaire : la proximité physique entre les acteurs va permettre de capter plus ou moins ces externalités positives. Le fait que ces externalités soient supposées géographiquement circonscrites va engendrer un processus d'agglomération puisque les firmes bénéficient d'externalités de connaissance plus importantes lorsqu'elles se rapprochent les unes des autres. Ceci est confirmé par l'étude de Feldman (1994), portant sur les innovations commercialisées en 1982, va ainsi montrer une forte concentration géographique de l'output d'innovation dans seulement quelques Etats américain. Cette étude sera complétée par les travaux de Audretsch et Feldman (1994, 1996) et de Lung (1997) qui montrent que plus les activités de production mobilisent des activités de Recherche et Développement, plus elles sont concentrées. Caniëls (1999) affine l'impact géographique de la Recherche et Développement en montrant que lorsqu'une région concentre fortement des activités d'innovation, les régions voisines sont faiblement innovantes.

La modélisation de cette conception va se retrouver tout d'abord dans des modèles cherchant à expliquer l'agglomération des firmes dans une ville lorsque les firmes interagissent entre elles ou avec les travailleurs qu'elles emploient (Fujita, 1989 ; Fujita 1994).

Les externalités restent cependant une notion d'échanges involontaire. Or, les relations inter-firmes peuvent être délibérées. On passe donc à une conception volontaire et stratégique visant à se coordonner pour faciliter la diffusion d'information. On intègre alors la notion de coopération entre firmes. Les travaux de Mai et Peng (1999) puis de Piga et Poyago-Theotoky (2005) (que nous présenterons par la suite) vont formaliser le processus de coopération inter-firmes dans un cadre à la Hotelling en montrant comment l'existence conjointe de concurrence et de coopération permet de sortir des cas classiquement *"polaires"* : principe de différentiation minimale (Hotelling, 1929) ou principe de différentiation maximale (D'aspremont et al.).

Si le rôle de l'espace géographique dans la localisation des activités d'innovation semble établi, ces différents travaux font abstraction des NTIC. Or, la coexistence de systèmes de transport et de télécommunications semble avoir un impact les sur modalités de la coordination entre firmes. Les échanges d'informations peuvent se faire face-à-face (ce qui nécessite d'utiliser les moyens de transports) ou via les systèmes de télécommunications. L'efficacité de la coordination, et donc le résultat du processus de coopération, vont dépendre de la facilité à s'approprier les connaissances mises à disposition par les différentes firmes engagées dans ce processus. Les évolutions technologiques importantes de ces dernières années vont donc être un facteur de réorganisation quant à la circulation des informations et des personnes entre les entreprises. Cela aura par ailleurs des répercussions sur différents paramètres liés au processus de concurrence (coûts de l'échange entre firme, prix de vente des biens). C'est ce que l'on va chercher à étudier dans ce chapitre. Notre approche se fera en termes de mécanismes de coordination. En partant de l'hypothèse de pluralité des modes de coordination, on tentera de répondre à la problématique suivante :

Comment modéliser l'arbitrage entre ces différents modes de coordination et en quoi cela va avoir un impact sur la concurrence en prix que se livrent les firmes ?

Dans une première partie, nous justifierons cette hypothèse de pluralité des modes de coordination puis présenterons deux modèles pouvant nous servir de base et de cadre pour la formalisation d'un modèle qui intègrera à la fois des interaction face-à-face et des interactions via les systèmes de télécommunications. Dans une seconde partie, nous développerons un modèle de concurrence duopolistique dans lequel deux firmes préalablement localisées (nous justifierons ce point par la suite) se font concurrence en prix tout en menant une activité de recherche et développement nécessitant des échanges d'informations. Les modalités de ces échanges d'informations constitueront le cœur de notre réflexion. On cherchera particulièrement à construire un cadre nous permettant de prendre en compte à la fois le coût et les avantages liés aux relations face-à-face et aux relations ayant pour support les TIC.

2.2 Comment intégrer la coexistence des transports et des télécommunications dans la coordination inter-firmes ?

2.2.1 Deux grandes modalités de coordination : contact-face-à-face et télécommunications

L'existence de modalités de coordination entre firmes signifie qu'un arbitrage peut-être effectué entre plusieurs possibilité différentes. On peut considérer qu'il existe deux grandes modalités de coordination : le contact face-à-face qui présuppose un déplacement physique préalable et la communication via les systèmes de télécommunication. Si l'on suit le raisonnement de Machlup (1983), cet arbitrage peut-être analysé à travers une distinction entre *"information"* et *"connaissance"*. En effet, l'information serait entièrement codifiable

et donc pouvant être intégralement transférée via les systèmes de télécommunications alors que la connaissance ne serait qu'en partie codifiable. Cette restriction est expliquée par Nelson et Winter (1982) qui distingue la connaissance articulée pouvant être transférée dans l'espace et la connaissance tacite, pour laquelle l'échange passe par des contacts face-à-face. L'importance du support de la connaissance est également soulignée par Mangolte (1997).

La diffusion spatiale de la connaissance va dépendre à la fois de la dimension cognitive de la connaissance (tacite ou articulée) et du support de la connaissance.

Ceci peut-être résumé à travers le tableau 2.1 issu de l'adaptation de l'analyse de Mangolte (1997) par Rallet et Burmeister (2002).

	Connaissance tacite	Connaissance articulée
Connaissance interne "encastrée" dans une personne particulière	Le transfert de connaissance n'est possible qu'à travers l'apprentissage interpersonnel (contacts face-à-face)	La connaissance peut être transférée à travers des interactions interpersonnelles (communication directe : face-à-face, téléphone)
Connaissance externe "séparée" de son support initial	Le transfert de connaissance peut se faire par la copie. Le support externe de la connaissance peut être déplacé.	Le support peut être déplacé dans l'espace par la plupart des moyens de télécommunications.

TAB. 2.1: Typologie de la notion de connaissance.

Source : Rallet et Burmeister (2002)

Cette distinction tend désormais à se restreindre du fait des possibilités offertes par les TIC qui permettent de transformer des connaissances tacites en connaissances codifiées (archivages, formalisation de procédures...)et de se

rapprocher de plus en plus des relations face-à-face en terme qualitatif (vidéo-conférences). Néanmoins, les relations face-à-face restent encore importantes et l'intégralité des échanges n'est pas virtualisable. Rallet et Burmeister (2002) distinguent ainsi quatre raisons pour lesquelles *"les TIC ne peuvent faire disparaître les connaissances tacites ni même les réduire à une proportion accessoire"* :

- Le coût de la codification des connaissances tacites peut être élevé avec une efficacité parfois médiocre. Plus la connaissance est implicite, plus ce coût est élevé. Il est donc parfois plus efficace de maintenir des relations permettant de se baser sur des connaissances implicites (relations face-à-face) que de codifier ces connaissances.

- Le développement des sciences et des technologies reconstitue en permanence de nouvelles connaissances tacites. Le plus souvent, les nouvelles connaissances ne sont pas immédiatement formalisables.

- Les connaissances tacites et les connaissances codifiées sont complémentaires (Nonaka, 1994). Des codes d'interprétation basés sur des facultés subjectives des individus sont un préalable à l'utilisation des connaissances codifiées.

- L'usage même des systèmes de télécommunications demande le partage de connaissances tacites. Lorsqu'un nouvel outil de communication apparaît, la compréhension de son fonctionnement nécessite un apprentissage. Cet apprentissage s'effectue le plus souvent à travers des rencontres entre les individus maîtrisant le fonctionnement de l'outil et ceux souhaitant se l'approprier. Le préalable à l'usage des TIC est donc un partage de connaissances tacites.

Si l'on veut analyser l'impact de l'introduction des télécommunications dans un modèle de microéconomie spatiale il faut également prendre en compte

la possibilité d'avoir des télécommunications plus ou moins performantes afin de capter l'impact d'une amélioration des systèmes de télécommunications.

2.2.2 Quel cadre pour modéliser les effets liés au choix de modalités ?

Afin de modéliser le choix entre les deux grands modes de coordination (face-à-face et télécommunications), on doit trouver un cadre formel adaptable. Le point central est de différencier les modalités de transfert d'informations à travers le type d'interaction que peuvent mener les firmes :

- L'interaction face-à-face.
  Dans ce cas, le coût d'interaction augmente avec la distance. L'échange porte alors sur des connaissances tacites ce qui permet de dégager un avantage important.

- L'interaction "virtuelle" via les systèmes de télécommunications.
  Dans ce cas le coût d'interaction est indépendante de la distance. L'échange porte alors sur des connaissances codifiées ce qui procure un avantage plus faible que dans le cas précédent.

Deux modèles de microéconomie spatiale ont particulièrement retenu notre attention afin de créer un cadre formel à notre problématique : le modèle de Mai et Peng (1999) et le modèle de Piga et Poyago-Theotoky (2005). Ces deux modèles mettent en évidence certains effets des coûts de transports ainsi que des échanges d'informations (volontaires ou non) sur le processus de concurrence et sur les localisations des firmes à l'intérieur d'une zone. Le modèle de Mai et Peng formalise bien le coût à l'échange face-à-face dans une relation de coopération inter-firmes. Cependant, la présence d'échanges entre les firmes n'apporte aucun avantage. Le modèle de Piga et Poyago-Theotoky permet de montrer l'impact d'un effort en R & D sur la qualité des biens produits. De plus la fonction de coût indépendante de la distance pourrait être interprétée

comme un coût à l'échange via le TIC. Ces deux modèles nous permettront de mettre en place un autre modèle permettant de combiner les deux approches tout en intégrant l'existence de deux modalités d'échange cités précédemment.

Le modèle de Mai et Peng (1999)

Présentation du modèle

Dans leur article "Cooperation vs. competition in a spatial model" (1999), Mai et Peng introduisent une notion d'échange "d'informations" dans un modèle de compétition spatiale "à la Hotelling". En partant de l'hypothèse selon laquelle les échanges d'information impliquent un coût fonction de la distance séparant les firmes en contact, ils créent une force d'agglomération puisque les firmes voient leur coût se réduire en se localisant suffisamment près les unes des autres. Ce que les auteurs nomment *"coopération"* peut être perçu comme une forme d'un échange face-à-face qui constitue une force centripète.

Le but de l'article est alors de développer un modèle de microéconomie spatiale (avec un cadre à la Hotelling) qui incorpore une force centripète (la nécessité pour les firmes de se rapprocher afin de diminuer le coût à de la coopération) et une force centrifuge (la concurrence en prix) afin de sortir des cadres standard de ce type de modèle aboutissant à des principes de différentiation maximale ou minimale selon la forme fonctionnelle des coûts de transport.

Hypothèses

On suppose un intervalle unitaire [0,1] représentant une ville linéaire. Deux firmes (1 et 2) produisent un bien homogène avec un coût marginal c et un coût fixe F et sont localisées en $x_i \in [0,1]$ avec $i = 1, 2$. Les habitants de cette ville sont également les consommateurs du bien et sont uniformément répartis sur l'intervalle [0,1]. Le coût de transport, supporté par les consommateurs, est une fonction quadratique de la distance. Ainsi le prix total pour un consommateur

localisé en x et achetant une unité de bien à la firme i est $p_i + t(x_i - x)^2$, avec p_i le prix du bien produit par la firme i et x_i la localisation de la firme i. Chaque consommateur achète une et une seule unité du bien provenant de la firme ayant le prix total le plus faible. On suppose que la coopération entre les deux firmes prend une forme particulière : des informations concernant la Recherche et Développement sont échangées. Une des caractéristiques des informations échangées est que l'utilisation d'une information par une firme ne réduit pas la qualité de cette même information pour l'autre firme. On fait également l'hypothèse que les firmes communiquent de manière symétrique et partage de manière équitable le coût de communication. La relative proximité spatiale des deux firmes est mesurée par $(x_2 - x_1)^2$. Plus les firmes sont proches, plus l'échange d'information est facile et donc réduit les coûts d'échange de R&D. Par la suite on définit $\tau(x_2 - x_1)^2$ le coût total de communication supporté par chaque firme pour s'engager dans un échange d'information en R&D. τ est présenté dans l'article comme le paramètre d'externalité. Sans perte de généralité on suppose que $x_1 \leq x_2$. Le consommateur marginal, localisé en $\hat{x}$ et qui est indifférent entre acheter son unité de bien à la firme 1 ou à la firme 2 est défini par :

$$\hat{x} = \frac{p_2 - p_1}{2t(x_2 - x_1)} + \frac{x_2 + x_1}{2} \tag{2.1}$$

Les demandes pour chaque firme sont alors : $D_1 = \hat{x}$ et $D_2 = 1 - \hat{x}$. Et les profits de chaque firme sont donnés par :

$$\begin{cases} \pi_1 = (p_1 - c)\hat{x} - F - \tau(x_2 - x_1)^2 \\ \pi_2 = (p_2 - c)(1 - \hat{x}) - F - \tau(x_2 - x_1)^2 \end{cases} \tag{2.2}$$

On cherche un équilibre parfait en sous-jeu d'un jeu en deux étapes. Lors de la première étape, les firmes choisissent simultanément leur localisation respective (x_1 et x_2). Lors de la seconde étape, les firmes choisissent simultanément leur prix respectif (p_1 et p_2). On procède par rétroduction.

Concurrence en prix

En maximisant π_1 par rapport à p_1 et π_2 par rapport à p_2 on obtient :

$$p_1 = \frac{2t}{3}(x_2 - x_1) + \frac{t}{3}(x_2 - x_1)(x_2 + x_1) + c \tag{2.3}$$

$$p_2 = \frac{4t}{3}(x_2 - x_1) - \frac{t}{3}(x_2 - x_1)(x_2 + x_1) + c \tag{2.4}$$

Ce qui donne une fois intégré dans les fonction de profits :

$$\pi_1^* = \frac{t}{18}(x_2 - x_1)(2 + x_1 + x_2)^2 - F - \tau(x_2 - x_1)^2 \tag{2.5}$$

$$\pi_2^* = \frac{t}{18}(x_2 - x_1)(4 - x_1 - x_2)^2 - F - \tau(x_2 - x_1)^2 \tag{2.6}$$

On s'intéresse maintenant à la première étape du jeu.

Choix de localisation

En maximisant π_1^* par rapport à x_1 et π_2^* par rapport à x_2 et en restreignant les solutions aux solutions symétriques ($x_1 + x_2 = 1$) on obtient :

$$x_1^* = \frac{12\tau - t}{4t + 24\tau} = \frac{12 - t/\tau}{4t/\tau + 24} \tag{2.7}$$

$$x_2^* = \frac{12\tau + 5t}{4t + 24\tau} = \frac{12 + 5t/\tau}{4t/\tau + 24} \tag{2.8}$$

Il apparait alors que les localisations d'équilibre sont fonction du ratio t/τ c'est à dire d'une balance entre une force centripète exprimée à travers le paramètre τ et une force centrifuge exprimée à travers le paramètre t. L'effet d'une variation de τ sur les localisations d'équilibre peut être évalué de la manière suivante :

$$\frac{\partial x_1^*}{\partial \tau} = \frac{72t}{(4t + 24\tau)^2} > 0 \tag{2.9}$$

$$\frac{\partial x_2^*}{\partial \tau} = -\frac{72t}{(4t + 24\tau)^2} < 0 \tag{2.10}$$

On peut donc établir la proposition suivante :

Proposition 1 ***(Mai et Peng (1999))*** *:*

- *Plus l'externalité entre les deux firmes est grande, moins les firmes ont tendance à se différencier géographiquement.*
- *Lorsque τ tend vers l'infini, l'agglomération des deux firmes ($x_1^* = x_2^* \approx 1/2$) constitue un équilibre.*
- *Lorsque l'externalité est relativement faible ($\tau \leq 1/12t$), l'équilibre en localisations qui résulte est un équilibre en coin ($x_1^* = 0$ et $x_2^* = 1$).*

Ce résultat est une généralisation de la théorie de la microéconomie spatiale et met en évidence la possibilité de localisations intermédiaires (ni aux bornes,

ni au centre). On peut souligner que la différentiation géographique entre les firmes ne diminue pas seulement lorsque τ augmente mais aussi lorsque t diminue. En effet, si on étudie l'effet d'une variation de t sur les localisations on trouve :

$$\frac{\partial x_1^*}{\partial t} = -\frac{72t}{(4t+24\tau)^2} < 0 \tag{2.11}$$

$$\frac{\partial x_2^*}{\partial t} = \frac{72t}{(4t+24\tau)^2} > 0 \tag{2.12}$$

On peut donc établir la proposition suivante :

Proposition 2 ***(Mai et Peng (1999))*** *:*
Étant donné le degré d'externalité τ, plus le coût de transport t est faible, moins les firmes vont se différencier géographiquement.

Cela signifie donc que si t est faible il est plus difficile de conserver un certain monopole local en s'éloignant de son concurrent puisque les consommateurs sont plus volatils du fait même de la baisse du coût de transport. De ce fait, la croissance de la distance entre les firmes influence peu l'intensité de la concurrence entre elles. Dans ce cas, l'effet d'externalité surpasse l'effet concurrence ce qui engendre la concentration.

Apport de ce modèle

Ce modèle intègre la notion de relations inter-firmes par le biais d'échanges coûteux d'informations. La formalisation du coût à l'échange entre les firmes peut correspondre à la formalisation du coût d'une interaction face-à-face où un employé d'une firme se déplace via les moyens de transport afin de rencontrer des membres de l'autre firme et échanger avec eux des informations concernant la R&D.[1] Dans le cadre d'un développement d'un modèle de type microécono-

[1]Dans ce cas, le paramètre τ correspondrait à un indicateur qualitatif des transports.

mique, avec des échanges inter-firmes, lié à notre problématique, on peut donc considérer que ce modèle peut nous apporter des notions et une certaine forme de formalisation intéressante. Ainsi la fonction de coût de d'échange d'information entre les firmes, croissante avec la distance entre les firmes, pourra être réutilisée, dans le modèle que l'on souhaite développer pour de formaliser le coût d'une des modalités de coordination, à savoir la coordination face-à-face. En revanche, l'utilisation des télécommunications, permettant d'obtenir des informations tout en négligeant l'aspect spatial est en effet absente dans la modélisation de Mai et Peng. Outre le fait que les NTIC n'apparaissent pas dans ce modèle, on peut regretter l'absence d'une justification à la coopération. En effet, cette relation inter-firme a un coût mais pas d'impact positif pour les firmes.

Si l'on fait un tableau récapitulatif du cadre que l'on souhaite obtenir, ce modèle peut se situer comme suit par rapport à notre objectif :

	Coûts	Avantages
Face-à-face	X	
TIC		

TAB. 2.2: Apport du modèle de Mai et Peng (1999)

Le modèle de Piga et Poyago-Theotoky nous permettra de compléter en partie les lacunes du modèle de Mai et Peng.

Le modèle de Piga et Poyago-Theotoky (2005)

Présentation du modèle

Dans la suite du modèle de Mai et Peng (1999), l'article "Endogeneous R&D spillovers and locational choice" (2005) de Piga et Poyago-Theotoky présente également un modèle avec un cadre à la Hotelling (on conservera d'ailleurs les

notations précédentes) mais dans lequel les externalités en R&D dépendent du choix de localisation des firmes et où les efforts en R&D permettent d'augmenter la qualité du produit vendu par les firmes. On suppose dès lors que plus les firmes sont proches géographiquement, plus elles bénéficient de l'effort en R&D de leur concurrent. Se localiser aux extrémités du marché reviendra alors, pour chaque firme, à développer une activité de recherche spécifique. Inversement, si les firmes se localisent au même endroit, cela signifiera qu'elles choisissent la voie d'une recherche non spécifique. Ce papier contribue donc à développer deux champs de la microéconomie : les stratégies de recherche et développement avec externalités endogènes et le problème de localisation dans une concurrence spatiale. Pour cela les auteurs développent un modèle à trois étapes. Dans une première étape, les firmes choisissent simultanément leur localisation, puis choisissent leur niveau d'effort en R&D permettant d'augmenter la qualité de leur produit. Enfin, dans la troisième étape, les deux firmes se font concurrence en prix.

Hypothèses

On considère deux firmes (1 et 2) produisant un bien à un coût marginal nul ($c = 0$) et sans coût fixe ($F = 0$). Comme dans le modèle de Mai et Peng présenté précédemment, on suppose un intervalle unitaire représentant une ville linéaire et où les habitants sont distribués de manière uniforme. La localisation de la firme i est notée $x_i \in [0, 1]$ avec $x_1 \leq x_2$. Les firmes développent une activité en R&D afin d'augmenter la qualité de leur produit. L'effort en R&D d'une firme peut bénéficier à son concurrent, et ce, à coût nul (effet d'externalité). On appelle E_i l'effort "effectif" en R&D de la firme i. E_i est fonction de l'effort de recherche des deux firmes $(e_i, i = 1, 2)$ et des choix de localisation :

$$E_i = e_i + (1 - x_2 + x_1)e_j \qquad i, j = 1, 2; \quad i \neq j. \tag{2.13}$$

Cette expression représente l'idée maîtresse de l'article. Elle met en évidence la relation entre l'effet d'externalité et la distance entre les firmes : l'externalité,$1 - x_2 + x_1$ est maximale quand les firmes sont localisées au même endroit, $(x_1 = x_2)$; elle est minimale lorsque les firmes se localisent aux extrémités du marché ($x_1 = 0$ et $x_2 = 1$. Les dépenses en R&D de la firme i sont représentées par la fonction $c(e_i)$ avec $c' > 0$ et $c'' > 0$ afin d'avoir des rendements en R&D décroissants.
Un consommateur localisé en $x \in [0, 1]$ et qui décide d'acheter une unité du bien produit par la firme $i, i = 1, 2$, obtient un surplus donné par :

$$\nu + E_i - p_i - t(x - x_i)^2 \tag{2.14}$$

où ν est l'utilité de réservation obtenue par chaque consommateur achetant une unité de bien à une des deux firmes. Le coût de transport quadratique permet de s'assurer de l'existence d'un prix d'équilibre. On suppose que $\nu \geq 3t$ ce qui permet d'avoir un marché couvert, où chaque consommateur achète une unité du bien à la firme lui proposant le surplus le plus élevé. Afin d'éviter tout arbitrage entre les consommateurs, on suppose que les coûts de transactions pour revendre le bien sont prohibitifs. On peut noter que la R&D effective, E_i, est transformée en valeur pour le consommateur. Plus E_i est élevée, plus le consommateur sera prêt à payer un coût élevé. E_i peut donc bien être considérée comme représentant une hausse de la qualité du produit.
A partir de l'expression (2.14), on peut définir le consommateur marginal qui est indifférent entre acheter une unité du bien à la firme 1 ou à la firme 2.

$$\hat{x} = \frac{(p_2 - p_1) - (E_2 - E_1)}{2t(x_2 - x_1)} + \frac{x_2 + x_1}{2} \tag{2.15}$$

On cherche un équilibre parfait en sous-jeux. On raisonne donc par rétroduction et on s'intéresse d'abord à la dernière étape du jeu, à savoir l'étape de concurrence en prix.

Concurrence en prix

La fonction de profit pour la firme $i, i = 1, 2$, est donnée par :

$$\pi_i = p_i D_i - c(e_i) \tag{2.16}$$

Avec $D_1 = \hat{x}$ et $D_2 = 1 - \hat{x}$. Par ailleurs, pour la suite on pose $c(e_i) = e_i^2/2$. On se concentrera sur le cas où les deux firmes sont actives sur le marché ($D_i \in (0, 1)$). En maximisant π_1 et π_2 respectivement sur p_1 et p_2 on obtient les prix d'équilibre suivants :

$$p_1 = \frac{1}{3}(x_2 - x_1)[(e_1 - e_2) + t(2 + x_2 + x_1)] \tag{2.17}$$

$$p_2 = \frac{1}{3}(x_2 - x_1)[(e_2 - e_1) + t(4 - x_2 - x_1)] \tag{2.18}$$

En substituant les prix d'équilibre dans les fonction de profit on obtient :

$$\pi_1 = \frac{(x_2 - x_1)[e_1 - e_2 + t(2 + x_2 + x_1)]^2}{18t} - \frac{e_1^2}{2} \tag{2.19}$$

$$\pi_2 = \frac{(x_2 - x_1)[e_2 - e_1 + t(4 - x_2 - x_1)]^2}{18t} - \frac{e_2^2}{2} \tag{2.20}$$

Choix du niveau de R&D

Dans la deuxième étape, les firmes choisissent leur niveau (e_1 et e_2) de R&D de manière non-coopérative et en prenant les localisations comme données. En maximisant les fonctions de profits précédemment trouvées respectivement par rapport à e_1 et e_2 on obtient les fonctions de meilleures réponses suivantes :

$$e_1(e_2) = \frac{(x_2 - x_1)[t(2 + x_2 + x_1) - e_2]}{9t - (x_2 - x_1)} \tag{2.21}$$

$$e_2(e_1) = \frac{(x_2 - x_1)[t(4 - x_2 - x_1) - e_1]}{9t - (x_2 - x_1)} \tag{2.22}$$

d'où les niveaux d'effort en R&D d'équilibre suivant :

$$e_1 = \frac{(x_2 - x_1)[3t(2 + x_2 + x_1) - 2(x_2 - x_1)]}{3[9t - 2(x_2 - x_1)]} \tag{2.23}$$

$$e_2 = \frac{(x_2 - x_1)[3t(4 - x_2 - x_1) - 2(x_2 - x_1)]}{3[9t - 2(x_2 - x_1)]} \tag{2.24}$$

Il faut noter que, pour $t > 2/9$, les fonctions des niveaux d'efforts d'équilibre et les fonctions de profits associées sont continues et bien définies. Cette condition sera par la suite nécessaire pour garantir l'existence d'un équilibre sur l'ensemble du jeu. Si on s'intéresse maintenant aux efforts en R&D d'équilibre trouvés en (2.23) et (2.24), on constate qu'il n'y a pas d'effort en R&D, et en conséquence pas d'amélioration de la qualité des produits, si les firmes sont localisées au même endroit ($e_1 = e_2 = 0$ si $x_1 = x_2$). On voit également que les firmes feront le même effort en R&D, $e_1 = e_2$, si elles sont localisées symétriquement ($x_2 = 1 - x_1$), ce qui signifie une différentiation des qualités minimale.

Choix de localisation

Dans la première étape du jeu, les firmes choisissent simultanément leur localisation (x_1 et x_2) en anticipant comment ce choix affectera leurs choix ultérieurs en R&D et en prix. Comme dans l'article de Mai et Peng, on se concentre sur les résultats d'équilibre qui sont symétriques afin d'obtenir des solutions analytiques. En maximisant, par rapport à x_1 et x_2, les fonctions de profits dans lesquelles on a remplacé e_1 et e_2 par les valeurs d'équilibre données en (2.23) et (2.24), puis en restreignant aux solutions symétriques on obtient deux ensembles possibles de localisations d'équilibre :

$$x_1^* = \frac{4 - 12t - 27t^2 + 9t^{3/2}\sqrt{6+9t}}{4(2+3t)} \tag{2.25}$$

$$x_2^* = \frac{4 + 24t + 27t^2 - 9t^{3/2}\sqrt{6+9t}}{4(2+3t)} \tag{2.26}$$

Et

$$\tilde{x}_1 = \frac{4 - 12t - 27t^2 - 9t^{2/3}\sqrt{6+9t}}{4(2+3t)} \tag{2.27}$$

$$\tilde{x}_2 = \frac{4 + 24t + 27t^2 + 9t^{2/3}\sqrt{6+9t}}{4(2+3t)} \tag{2.28}$$

D'après les fonctions de meilleures réponses (2.21) et (2.22) données dans l'étape du choix de l'effort en R&D, on peut voir que ces efforts en R&D sont perçus comme des substituts stratégiques ($de_i/de_j < 0$). Par ailleurs, la condition de second ordre associée requiert que $9t-(x_2-x_1) > 0$ tandis que la condition de stabilité requiert que $de_i/de_j < 1, i, j = 1, 2, i \neq j$, et est satisfaite si $9t - 2(x_2 - x_1) > 0$. Afin d'assurer à la fois la stabilité du jeu et de vérifier les conditions de second ordre de la seconde étape du jeu pour tout x_1,x_2 on restreint la valeur de t à $t > 2/9$. On peut montrer que seul le premier ensemble de localisations (x_1^* et x_2^*) permet de vérifier la condition de stabilité. Ainsi, l'équilibre (symétrique) en localisation est donné par x_1^* et x_2^*.

Proposition 3 ***(Piga et Poyago-Theotoky (2005))*** *:*

Pour $t > 2/9$, il existe un équilibre de localisation symétrique parfait en sous-jeu donné par les équations (2.25) et (2.26). En particulier :

- *La différenciation géographique maximale (ou dispersion) $x_1^* = 0$ et $x_2^* = 1$ se produit lorsque le coût de transport est suffisamment élevé ($t = (5+\sqrt{13})/9 \approx 0.9562$).*
- *On trouve des localisations d'équilibre intermédiaires pour $2/9 < t < (5+\sqrt{13})/9$.*

On peut dès lors trouver le résultat à l'équilibre pour toutes les variables :

$$\begin{cases} x_1^* = \dfrac{4-12t-27t^2+9t^{3/2}\sqrt{6+9t}}{4(2+3t)} \\ x_2^* = \dfrac{4+24t+27t^2-9t^{3/2}\sqrt{6+9t}}{4(2+3t)} \\ e_1^* = e_2^* = \dfrac{3t(2+3t-\sqrt{t}\sqrt{6+9t}}{4+6t} \\ E_1^* = E_2^* = \dfrac{3t[4-3t(1+9t)+(9t-2)\sqrt{t}\sqrt{6+9t}]}{4+6t} \\ p_1^* = p_2^* = \dfrac{9t^2(2+3t-\sqrt{t}\sqrt{6+9t})}{4+6t} \\ \pi_1^* = \pi_2^* = \dfrac{9t^2}{8+12t} \end{cases} \tag{2.29}$$

Étant donnée la symétrie des localisations, on sait que les firmes choisiront un effort en R&D similaire. Le fait que les firmes choisissent la même qualité mais des localisations différentes nous ramène à des résultats identiques à ceux de la littérature traditionnelle sur la concurrence spatiale. En effet, quand la concurrence se fait sur plusieurs caractéristiques, il est montré que les firmes se différencient de manière maximale sur une dimension et de manière minimale

sur l'autre. Dans ce modèle, les firmes se différencient géographiquement mais engendrent une qualité et des prix identiques. On peut aussi aisément établir que l'effort en R&D, les prix et les profits sont croissants avec le coût de transport. Si on s'intéresse maintenant à l'équilibre en localisation, d'après les équations (2.25) et (2.26), on constate que la localisation est une fonction de t et est liée à la notion d'externalité définie par $1 - x_2 + x_1$. L'effet d'une hausse de t sur l'équilibre en localisation peut être évalué de la manière suivante :

$$\frac{\partial x_1^*}{\partial t} = \frac{9}{4}\left[-1 + \frac{3\sqrt{t}(1+t)\sqrt{6+9t}}{(2+3t)^2}\right] < 0$$

$$\frac{\partial x_2^*}{\partial t} = \frac{9}{4}\left[1 - \frac{3\sqrt{t}(1+t)\sqrt{6+9t}}{(2+3t)^2}\right] > 0$$

De plus, en utilisant de nouveau les équations (2.25) et (2.26), l'externalité endogène est donnée par :

$$1 - x_2 * + x_1^* = \frac{4 - 3t(4 + 9t - 3\sqrt{t}\sqrt{6+9t})}{4+6t}$$

Et une hausse de t entraîne une diminution de l'externalité.

Proposition 4 ***(Piga et Poyago-Theotoky (2005))*** *:*
Plus le coût de transport est élevé, plus les firmes choisissent de s'éloigner l'une de l'autre et plus l'externalité sera faible. Inversement, lorsque le coût de transport diminue, les firmes tendent à se rapprocher et l'effet d'externalité est renforcé.

Pour expliquer ce résultat, on doit mobiliser deux mécanismes :

– Tout d'abord, lorsque le coût de transport est relativement élevé, la concurrence en prix est moins intense. En effet, il est, dans ce cas, coûteux pour les consommateurs de se déplacer ce qui signifie que les firmes ont un certain pouvoir de marché. Elles peuvent fixer un prix plus élevé

sans perdre l'intégralité de sa part de marché. De ce fait elles vont avoir tendance à se différencier géographiquement afin d'obtenir un plus grand nombre de consommateurs. Cette force centrifuge correspond à l'argument traditionnel pour la dispersion des localisations. Par ailleurs, relâcher la concurrence en prix permet aux firmes d'investir dans une hausse d'effort en R&D et donc de qualité du produit, ce qui augmente le surplus du consommateur et sa propension à payer un prix plus élevé permettant ainsi aux firmes d'obtenir de meilleurs profits.

– Cependant, un second facteur entre en compte ici : la proximité permet aux firmes d'obtenir un plus grand bénéfice de l'effort en R&D de son concurrent. Sous cet angle, les firmes ont intérêt à se localiser plus près l'une de l'autre. C'est donc l'effet conjugué de ces deux forces qui détermine le résultat de localisation des firmes. La proposition précédente établie que plus le coût de transport est faible, plus plus les firmes seront proches géographiquement et plus elles pourront bénéficier de l'effort en R&D de leur concurrent. Ceci constitue un des points principaux de l'article. En effet, la force centrifuge (due à la concurrence en prix) qui devrait entraîner une localisation des firmes aux extrémités du marché est en partie compensée par la force centripète (due à l'existence d'une externalité endogène) qui pousse les firmes à se rapprocher géographiquement.

Apport de ce modèle

Le modèle de Piga et Poyago-Theotoky intègre l'impact d'un effort en R &D sur la qualité du bien produit ce qui n'était pas présent dans l'article de Mai et Peng (1999). On trouve ici un coût de l'effort en R &D, indépendant de toute notion spatiale, pouvant être assimilé à une activité mobilisant les systèmes de télécommunications. La coordination entre les firmes est en revanche restreinte

à une communication involontaire représentée par les externalités croissantes avec la proximité géographique des deux firmes. Néanmoins, cet article constitue un apport intéressant dans la perspective de la construction d'un cadre formalisé à notre problématique de l'arbitrage entre les flux physiques et les flux virtuels et de ses impacts potentiels. En effet, il justifie l'effort en R &D avec cette notion d'apport qualitatif au produit permettant d'augmenter pour une firme son prix mais aussi sa part de marché. De plus la fonction de coût d'effort indépendante de la distance géographique peut être assimilée à un coût d'utilisation des systèmes de télécommunication.

Le modèle de Piga et Poyago-Theotoky se positionne donc comme suit :

	Coûts	Avantages
Face-à-face		
TIC	X	X

Tab. 2.3: Apport du modèle de Piga et Poyago-Theotoky (2005)

2.3 Construction d'un modèle prenant en compte à la fois les relations face-à-face et les relations virtuelles.

2.3.1 Motivation

A partir des travaux présentés dans la section précédente, on va développer, dans cette section, un modèle dans lequel deux firmes engagées dans un processus de Recherche et Développement se font concurrence en prix. L'échange en R & D des firmes sera formalisée de telle manière qu'elle prendra en compte la distinction vue précédemment entre la recherche de connaissances via les systèmes de télécommunications et via des relations face-à-face. Ainsi, une firme pourra mener son processus de R & D par le biais de ces deux modalités :

– Une partie de l'activité de R & D sera basée sur des rencontres physiques avec la firme concurrente, permettant ainsi un échange de connaissance tacites. Pour formaliser le coût de ce type d'échange, on se basera sur le modèle de Mai et Peng en reprenant une forme de coût dépendante de la distance entre les firmes et d'un coût de transport.

– Une autre partie de l'activité de R & D sera basée sur l'utilisation des TIC afin de capter des connaissances codifiées. Cette façon de mener une partie du processus de R & D, permet à la fois d'être en contact de manière virtuelle avec la firme concurrente et de capter les informations nombreuses disponibles via les systèmes de télécommunication. Pour formaliser le coût de ce type d'échange, on partira de la fonction de coût, indépendante de la distance, utilisée par Piga et Poyago-Theotoky que l'on modifiera afin d'intégrer le fait que la qualité des système de télécommunication n'est pas neutre sur le coût.

Par ailleurs, on reprendra l'idée de Piga et Poyago-Theotoky selon laquelle l'activité en R &D à un impact sur la qualité du bien proposé par l'entreprise.

Le but de notre modèle est d'étudier les déterminants et les effets de l'arbitrage entre les deux modes de coordination que sont les relations face-à-face et les relations virtuelles. Du fait de contraintes techniques, la localisation des firmes sera exogène et utilisée comme un paramètre de notre modèle, nous permettant d'expliquer les préférences des firmes en terme de modalités de coordination. Cette absence d'étape de choix de localisation fait que, bien que partant d'une littérature fondées sur les externalités on négligera cet aspect. Les externalités ont en effet un rôle décisif quant à la localisation des firmes puisqu'elles constituent une force centripète dans les modèles que nous avons présenté. Les firmes ne bénéficieront donc pas des efforts de leur concurrent mais la distance à celui-ci sera pénalisante dans les relation face-à-face

et constituera donc un paramètre important dans le processus de décision des firmes concernant l'arbitrage entre les deux modes de coordination.

2.3.2 Hypothèses

On suppose un intervalle unitaire $[0, 1]$ représentant une espace linéaire. Deux firmes (1 et 2) produisent un bien homogène avec un coût marginal nul et sont localisés en $x_i \in [0, 1]$ avec $i = 1, 2$. Comme ce n'est pas la localisation des firmes qui nous intéresse, on se restreint au cas où les firmes sont localisées de manière symétrique ($x_2 = 1 - x_1$). Ceci nous permet d'alléger le modèle tout en captant les effets d'une variation de la distance entre les deux firmes. Les habitants de cet espace sont également les consommateurs du bien et sont uniformément répartis sur l'intervalle $[0, 1]$. Chacun achète une et une seule unité du bien à la firme 1 ou à la firme 2. Lorsqu'un consommateur achète une unité de bien, il supporte, en plus du prix du bien, un coût de transport représenté par une fonction quadratique de la distance. Ainsi le prix total pour un consommateur localisé en x et achetant une unité de bien à la firme i est :

$$p_i + t(x_i - x)^2$$

avec p_i le prix du bien produit par la firme i, x_i la localisation de la firme i et $t \in [0, 1]$ un paramètre représentant la qualité de l'infrastructure de transport. Plus d est faible, plus l'infrastructure de transport est de bonne qualité car le coût de transport diminue avec t.

Les firmes sont engagées dans une phase d'amélioration qualitative de leur produit. Cette phase, qu'on appellera R&D, repose à la fois sur des interactions avec le concurrent et sur une veille des avancées technologiques. Pour cela, chaque firme $i = 1, 2$ dispose d'unités de travail affectées à la R & D dont l'effort global est noté G_i. Ces unités vont répartir leur effort entre deux modalités :

– Des rencontres face-à-face avec le concurrent[2], ce qui nécessite un déplacement préalable. Le bénéfice est alors orienté et unilatéral : la firme dont les unités se déplacent tire profit de sa démarche. Ceci peut se justifier par le fait que celui qui se déplace voit les outils et procédure de production de son concurrent. On notera F_i, le niveau d'effort de la firme $i = 1, 2$ passant par ce canal.

– Des recherches d'informations codifiés via les systèmes de télécommunications. L'effort effectué via ce canal permettra à la firme en question de mettre en œuvre à la fois un contact informationnel virtuel avec son concurrent, une veille technologique et un développement de l'activité virtuelle de l'entreprise. On notera E_i, le niveau d'effort de la firme $i = 1, 2$ consacré à cette tâche.

Le niveau d'effort global G_i se décompose donc de la manière suivante :

$$G_i = E_i + F_i \quad \text{pour} \quad i = 1, 2$$

Afin de simplifier l'analyse, on normalise le niveau d'effort global à $G_i = 1$, pour $i = 1, 2$.[3] Cette formulation signifie l'existence d'une certaine substituabilité entre interactions directes et utilisation des NTIC mais il s'agit d'une substitution issue de la contrainte du niveau d'effort. Autrement dit, chaque unité à un niveau d'effort maximal qu'elle doit répartir[4] ce qui engendre forcément un arbitrage. Le principe de complémentarité pourrait émerger si le niveau d'effort n'était pas contraint mais cela signifierait que le nombre d'unités de travail affectées à la phase de R &D puisse croître en fonction de nouvelles opportunités créées par le processus de R &D lui-même. Celà n'est pas le cas

[2]On posera l'hypothèse que ce concurrent est prêt à répondre aux attentes de la firme venant la rencontrer du fait d'un protocole de coopération symétrique préalable.

[3]On suppose donc que les firmes ont le même niveau d'effort global à allouer à la R&D.

[4]En l'occurrence c'est le programme de maximisation du profit de la firme qui décide de la répartition.

dans notre modèle. On verra par la suite que celà ne signifie pas pour autant que le fait d'augmenter son niveau d'effort via les NTIC ne peut engendrer une augmentation des déplacements au niveau de l'ensemble de l'économie.

L'efficacité de la phase de R&D va dépendre non seulement de l'effort fait dans chacun des moyens d'échange mais aussi de la qualité des échanges inhérente à chaque type d'infrastructure. On peut dire que les échanges via les systèmes de télécommunications sont d'une qualité inférieure aux échanges face à face. En effet, le but des systèmes de télécommunications n'est-il pas de se rapprocher le plus possible du niveau qualitatif offert par les relations face-à-face et de recréer ce type de relation en s'affranchissant des problèmes de distances. On notera q la qualité des échanges via les systèmes de télécommunications[5] et h la qualité des échanges face à face. La qualité q des échanges via les systèmes de télécommunications est directement dépendante de la qualité des infrastructures de télécommunications disponibles. On peut donc, par abus de langage dire que q est un indicateur de la qualité des infrastructures de télécommunications et du niveau de développement des NTIC dans notre économie. La qualité des interactions face-à-face est supposée quant à elle indépendante de la qualité des infrastructures de transports car, contrairement aux télécommunications, le transport n'est pas un support mais un préalable à l'échange. On néglige donc les aspects comme la fatigue éventuelle due aux déplacements dans la qualité des interactions physiques. Comme h représente la qualité la plus forte on normalise cette valeur. On a donc $h = 1$ et $0 < q < 1$. Plus les NTIC se développent, plus la qualité des interactions virtuelles se rapproche de la qualité des interactions face-à-face. Les efforts en R&D permettent d'augmenter la qualité du bien produit. L'utilité retirée par un consommateur

[5]On suppose que les firmes sont pourvues du matériel nécessaire pour utiliser les moyens de télécommunications disponibles.

localisé en x achetant une unité du bien de la firme i est alors :

$$U_i = y + Q_i - p_i - t(x_i - x)^2$$

avec y la qualité incompressible du produit, Q_i la qualité supplémentaire apportée par l'effort en R&D de la firme i et qui peut s'écrire :

$$Q_i = E_i q + F_i h = E_i q + (1 - E_i) \tag{2.30}$$

Le coût de l'effort via des échanges face à face pour la firme i reprend la formalisation de Mai et Peng (1999) et est fonction de la distance au carré entre les firmes et de la qualité de l'infrastructure de transport. Soit :

$$CT_F = F_i t(x_2 - x_1)^2 = t(1 - E_i)(1 - 2x_1)^2$$

Le coût de l'effort via les systèmes de télécommunication est donné par :

$$CT_E = \frac{E_i^2}{2q}$$

Cette forme reprend la fonction de coût présente dans le modèle de Piga et Poyago-Theotoky (2005) dans laquelle on a inséré, via le paramètre q, l'idée selon laquelle plus les systèmes de télécommunication sont de bonne qualité, moins le coût de l'effort sera élevé[6]. Elle signifie que le coût augmente de façon quadratique avec l'effort E_i ce qui peut se justifier par le fait que plus on fait passer d'informations par les systèmes de télécommunications au détriment d'échanges face à face, plus on va coopérer sur des informations complexes qui vont nécessiter une multiplication des échanges avec le risque d'incompréhension que cela comporte. Parallèlement à ce coût, l'effort via les systèmes

[6]Attention, contrairement à la formalisation de la qualité des transports qui augmente lorsque le paramètre t diminue, la qualité des télécommunication augmente lorsque le paramètre q augmente.

de télécommunications permet à la firme i de dégager une demande extérieure $D_{iext} = E_i q$. Cela peut se justifier par le développement, à travers cet effort, de connaissances plus approfondies concernant les moyens de télécommunications. Ces connaissances pourront permettre aux firmes d'étendre leur notoriété sur un marché extérieur. Les consommateurs représentés par cette demande extérieure sont localisés à l'extérieur de la ville à une distance moyenne T de la firme i et se déplaceront pour acheter le bien. Ils représentent en quelque sorte cette notion d'opportunité supplémentaire créée par le développement des systèmes de télécommunication.

On note $\hat{x}$ la position du consommateur marginal, c'est à dire celui qui est indifférent entre acheter une unité de bien à la firme 1 ou une unité de bien à la firme 2. Il est donc défini par :

$$y + E_1 q + (1 - E_1) - p_1 - t(\hat{x} - x_1)^2 = y + E_2 q + (1 - E_2) - p_2 - t(\hat{x} - (1 - x_1))^2$$

Soit :

$$\hat{x} = \frac{1}{2} + \frac{(1-q)(E_1 - E_2) + p_1 - p_2}{2d(2x_1 - 1)} \tag{2.31}$$

Les fonctions de profit des deux firmes sont alors :

$$\begin{aligned} \pi_1 &= p_1(\hat{x} + E_1 q) - d(1 - E_1)(1 - 2x_1)^2 - \frac{E_1^2}{2q} \\ \pi_2 &= p_2(1 - \hat{x} + E_2 q) - d(1 - E_2)(1 - 2x_1)^2 - \frac{E_2^2}{2q} \end{aligned} \tag{2.32}$$

Le jeu se déroule en deux étapes : à la première étape les firmes effectuent simultanément leur arbitrage concernant les modes par lesquels passeront leur effort en R&D et à la seconde étape elles choisissent simultanément leur prix. Il se résout par induction à rebours.

2.3.3 Concurrence en prix

On se place à la seconde étape du jeu. Les firmes choisissent simultanément leur prix.

Le prix d'équilibre du bien de la firme 1 est trouvé en résolvant :

$$\arg\max_{p_1} \pi_1(p_1, p_2, E_1, E_2)$$

Grâce à la condition de premier ordre on trouve la fonction de meilleure réponse de la firme 1 :

$$p_1(p_2, E_1, E_2) = \frac{1}{2}\Big[p_2 + (q-1)(E_1 - E_2) + t(1-2x_1)(1+2E_1q)\Big] \quad (2.33)$$

De la même manière, le prix d'équilibre du bien de la firme 2 est trouvé en résolvant :

$$\arg\max_{p_2} \pi_2(p_1, p_2, E_1, E_2)$$

Grâce à la condition de premier ordre on trouve la fonction de meilleure réponse de la firme 2 :

$$p_2(p_1, E_1, E_2) = \frac{1}{2}\Big[p_1 + (q-1)(E_2 - E_1) + t(1-2x_1)(1+2E_2q)\Big] \quad (2.34)$$

A partir des équations (2.33) et (2.34) on obtient les prix d'équilibre suivants :

$$\begin{aligned} p_1^* &= \tfrac{1}{3}(E_1 - E_2)(q-1) - \tfrac{t}{3}(2x_1 - 1)(4E_1q + 2E_2q + 3) \\ p_2^* &= \tfrac{1}{3}(E_2 - E_1)(q-1) - \tfrac{t}{3}(2x_1 - 1)(4E_2q + 2E_1q + 3) \end{aligned} \quad (2.35)$$

En étudiant la dérivée des prix d'équilibre par rapport à la localisation de la firme 1 ($\partial p_i^*/\partial x_1 < 0$) il vient que lorsque les firmes sont plus proches l'une de l'autre, les prix d'équilibre baissent. Cela est dû au fait que la proximité entre les firmes entraîne une plus grande volatilité de la part de marché ce qui a pour conséquence une concurrence en prix accrue.
Lorsque la qualité des infrastructures de transport augmente (t qui diminue) les prix d'équilibre diminue($\partial p_i^*/\partial t > 0$). Ceci s'explique une nouvelle fois par une plus grande volatilité de la part de marché des firmes entraînant une concurrence en prix plus forte.

De plus, on constate que $\partial p_i^*/\partial E_i < 0$ lorsque $q < \bar{q} = 1/(4t - 8tx_1 + 1)$ et que $\partial p_j^*/\partial E_i > 0$.

On peut donc formuler la proposition suivante :

Proposition 5 *:*

Une variation du niveau d'effort effectué, par une firme via les TIC va engendrer deux effets :
-Lorsque le niveau d'effort de la firme i passant par les systèmes de télécommunication augmente, le prix d'équilibre du bien de la firme i diminue si la qualité des échanges via les systèmes de télécommunication n'est pas trop forte.
-Lorsque le niveau d'effort de la firme i passant par les systèmes de télécommunication augmente, le prix d'équilibre du bien de la firme $j \neq i$ augmente quelle que soit le niveau qualitatif des échanges via les TIC.

Dans le cas où la qualité des échanges via les systèmes de télécommunication n'est pas assez élevée, la firme i privilégie la demande intérieure puisque la qualité des TIC n'est pas suffisante pour toucher une large population extérieure. Elle va donc accompagner son investissement d'une baisse de son prix afin de ne pas perdre trop de parts de marché intérieur. Inversement, dans le cas où la qualité des échanges via les systèmes de télécommunication est

suffisamment forte ($q > \bar{q}$), i peut augmenter son prix et faire ainsi un profit important sur le marché extérieur.

Le choix de la firme i quant à la répartition de son niveau d'effort entre les deux modalités va également avoir un impact sur le firme j. Cela est dû au fait que lorsque la firme i décide d'augmenter son effort en R&D via les systèmes de télécommunication au détriment des échanges face-à-face, elle capte moins d'informations et augmente moins la qualité de son produit (voir équation (2.30)). La demande intérieure de la firme j augmente alors lorsque E_i augmente ce qui permet à j de fixer un prix plus élevé.

2.3.4 Choix du niveau d'effort E_i

On se place à la première étape du jeu. Les firmes choisissent simultanément leur niveau d'effort en R&D via les systèmes de télécommunication. Le niveau d'effort d'équilibre de la firme 1 est trouvé en résolvant :

$$\arg\max_{E_1} \pi_1(E_1, E_2)$$

Grâce à la condition de premier ordre on trouve la fonction de meilleure réponse de la firme 1 :

$$E_1 = \frac{\alpha_1 E_2 + \beta_1}{\gamma_1} q \tag{2.36}$$

Avec α_1, β_1 et γ_1 des fonctions de x_1, t et q.

De la même manière, le prix d'équilibre du bien de la firme 2 est trouvé en résolvant :

$$\arg\max_{E_2} \pi_2(E_1, E_2)$$

Grâce à la condition de premier ordre on trouve la fonction de meilleure réponse de la firme 2 :

$$E_2 = \frac{\alpha_2 E_1 + \beta_2}{\gamma_2} q \tag{2.37}$$

Avec $\alpha_2 = \alpha_1$, $\beta_2 = \beta_1$ et $\gamma_2 = \gamma_1$.

A partir des équations (2.21) et (2.22) on obtient les niveaux d'effort d'équilibre via les systèmes de télécommunication lorsque les firmes décident de produire :

$$\begin{aligned} E_1^* &= \frac{4tx_1(3x_1 - 2q - 3) + q(4t + 1) + 3t - 1}{2q^3(8tx_1 - 4t - 1) + 2q^2 + 3} q \\ E_2^* &= \frac{4tx_1(3x_1 - 2q - 3) + q(4t + 1) + 3t - 1}{2q^3(8tx_1 - 4t - 1) + 2q^2 + 3} q \end{aligned} \tag{2.38}$$

Logiquement, on s'aperçoit que lorque les firmes se rapprochent ou lorsque la qualité des infrastructures de transport augmente , le niveau d'effort en R&D des firmes via les systèmes de télécommunications diminue ($\partial E_i^*/\partial t > 0$ et $\partial E_i^*/\partial x_1 < 0$)).

On constate également que $\partial E_i^*/\partial q < 0$ si $t < t_1$ avec :

$$t_1 = \frac{-12q^2x_1 + 24x_1q^3 + 18x_1 - 24q + 4q^3 + 6q^2 - 9 - 16q^4 + \sqrt{P}}{32q^3\left(6x_1 - 2q - 3\right)\left(2x_1 - 1\right)}$$

avec P une fonction de q et de x_1

Proposition 6 *:*

Lorsque la qualité des échanges via les systèmes de télécommunication augmente, le niveau d'effort d'équilibre via les systèmes de télécommunication diminue si la qualité des infrastructures de transport est suffisamment élevée ($t < t_1$).

Ceci peut s'expliquer par le fait que lorsque q augmente, la demande extérieure augmente. Si les infrastructures de transport sont d'une qualité suffisamment élevée, l'échange face-à-face devient moins coûteux et permet à la firme i d'augmenter la qualité du bien et ainsi de renforcer sa position sur le marché intérieur. Elle maintient parallèlement sa part de marché extérieur en compensant la diminution de E_i^* par la hausse de q. Ceci peut être vu comme, une limite au développement exponentiel des TIC. Il existe une limite à partir de laquelle le niveau qualitatif est assez important pour qu'une utilisation plus restreinte des systèmes apporte suffisamment et permettent de privilégier les échanges face-à-face.

Les prix d'équilibre sont donnés par :

$$\begin{aligned} p_1^* &= 3t(1-2x_1)\frac{8q^2tx_1(x_1-1)+2qt^2+1}{2q^3(8tx_1-4t-1)+2q^2+3} \\ p_2^* &= 3t(1-2x_1)\frac{8q^2tx_1(x_1-1)+2qt^2+1}{2q^3(8tx_1-4t-1)+2q^2+3} \end{aligned} \tag{2.39}$$

On constate que $\partial p_i^*/\partial q < 0$ si $t < t_2$ avec :

$$t_2 = \frac{2q^3x_1+6x_1-6q-3-q^3+\sqrt{B}}{8q^3(2x_1-1)^2}$$

avec B une fonction de q et de x_1.

Proposition 7 *:*

Une hausse de la qualité des échanges via les systèmes de télécommunication engendre une baisse des prix à condition la qualité des infrastructures de transport soit suffisamment élevée ($t < t_2$).

Ceci peut s'expliquer par le fait que lorsque t est faible, il est moins coûteux pour les consommateurs de se déplacer ce qui entraîne une concurrence en

prix accrue. Cet effet est renforcé lorsque les firmes sont proches l'une de l'autre. Parallèlement, la hausse de q entraîne mécaniquement une hausse de la demande extérieure pour chaque firme. Les firmes vont donc essayer de maintenir leur part de marché intérieur.

Si le coût de transport est trop élevé alors la concurrence en prix sur le marché intérieur se relâche. Les firmes peuvent alors se permettre d'augmenter leur prix afin d'augmenter leurs profits sur le marché extérieur sans pour autant perdre de manière trop importante leur part de marché intérieur puisque le coût de déplacement sera trop élevé pour permettre aux consommateurs d'acheter leur unité de bien auprès de l'autre firme.

2.3.5 Substitution ou Complémentarité

On s'intéresse ici à la question de l'effet global engendré par une hausse de l'utilisation des NTIC sur les déplacements. On a vu en introduction que la relation entre transports et télécommunications était marquée à la fois par des effets de substitution et de complémentarité. Dans notre modèle les deux notions sont présentes :

- L'arbitrage entre relations face-à-face et recherche via les NTIC constitue une relation de substitution. L'existence des systèmes de télécommunications permet d'obtenir des connaissances supplémentaire sans se déplacer.
- La demande extérieure représente l'idée selon laquelle le fait d'être présent sur les supports virtuels permet d'être en contact avec des personnes que l'on n'aurait pas rencontré sans les NTIC ce qui engendrera des déplacements supplémentaires. On retrouve ici la notion de complémentarité.

La problématique posée par la littérature sur les questions de substitution ou de complémentarité entre transports et télécommunications ne devrait donc pas consister en un affrontement entre ces deux notions mais plutôt en une étude du moment où l'on passe de l'un à l'autre. La question, ici, est

donc de savoir à partir de quel moment, le fait d'augmenter l'effort en R & D passant par les systèmes de télécommunication va permettre de basculer de la substitution à la complémentarité. Pour cela, on définit la distance parcourue par les différents acteurs du modèle.

- La distance parcourue par les consommateurs du marché "intérieur" est notée D_{int}. Elle correspond à l'ensemble des distances aller-retour entre le domicile du consommateur et la firme auprès de laquelle il achète le bien [7]. On a donc :

$$D_{int} = 2\int_0^{\hat{x}} (x - x_1)dx + 2\int_{\hat{x}}^1 (x - 1 + x_1)dx$$

- La distance parcourue dans le cadre des interactions face-à-face entre les représentants des firmes est notée D_{ext}. Elle est fonction de la distance entre les firmes et du niveau d'effort consacré à cette modalité d'échanges dans le cadre des activités de Recherche et Développement des firmes. On a donc :

$$D_{firm} = 2(2 - E_1 - E_2)(1 - 2x_1)$$

- La distance parcourue par les consommateurs "extérieurs" captés par les firmes du fait de leur effort est notée D_{ext}. On note T la distance moyenne des consommateurs "extérieurs" à chaque firme. On a donc :

$$D_{ext} = 2E_1qT + 2E_2qT$$

La distance totale parcourue est donc donnée par :

[7] Il peut s'agir d'un déplacement de personnes si le consommateur se déplace pour acheter le bien ou d'un transport de marchandises si la firme livre le bien au consommateur à son domicile (le coût de transport étant supporté par le consommateur).

$$D_{tot} = D_{int} + D_{firm} + D_{ext}$$

On étudie l'effet d'une variation de E_i, $i = 1, 2$ sur la distance totale parcourue. On constate que $\partial D_{tot}/\partial E_i < 0$ lorsque $T < \tilde{T}$.

$$\tilde{T} = \frac{2t - 4tx_1 + 1 - q}{2dq}$$

Proposition 8 *:*

Lorsque la part du niveau d'effort de la firme i passant par les systèmes de télécommunications augmente, le déplacement total diminue si les consommateurs extérieurs sont localisés à une distance moyenne T inférieure à $\tilde{T}$. Il y a alors un effet global de substitution. Dans le cas contraire ($T > \tilde{T}$), il y a un effet global de complémentarité.

On s'intéresse maintenant au coût de transport total.

– Coût de transport supporté par les consommateurs intérieurs :

$$CT_{int} = \int_0^{\hat{x}} t(x - x_1)^2 dx + \int_{\hat{x}}^1 t(x - 1 + x_1)^2 dx$$

– Coût de transport supporté par les firmes :

$$CT_{firm} = (2 - E_1 - E_2)t(1 - 2x_1)^2$$

– Coût de transport supporté par les consommateurs extérieurs :

$$CT_{ext} = E_1 qtT^2 + E_2 qtT^2$$

– Coût de transport totale :

$$CT_{tot} = CT_{int} + CT_{firm} + CT_{ext}$$

On étudie l'effet d'une variation de E_i, $i = 1, 2$ sur le coût de transport total. On constate que $\partial CT_{tot}/\partial E_i < 0$ lorsque $T < \bar{T}$.

$$\bar{T} = \frac{\sqrt{\left(2q\left(1-2x_1\right)\left(-\left(q-1\right)^2\left(E_i-E_j\right)-2t^2\left(2x_1-1\right)^3+\left(q-1\right)\left(p_1-p_2\right)\right)\right)}}{2qt(1-2x_1)}$$

Soit :

$$\bar{T} = \frac{\sqrt{\left(2q\left(1-2x_1\right)\left(\frac{1}{3}\left(E_j-E_i\right)\left(q-1\right)\left(q+4qtx_1-2qt-1\right)-2t^2\left(2x_1-1\right)^3\right)\right)}}{2qt(1-2x_1)}$$

si on remplace les prix p_1 et p_2 par les fonctions de meilleures réponses définies en (2.35).

Proposition 9 *:*
Lorsque la part du niveau d'effort de la firme i passant par les systèmes de télécommunication augmente le coût de transport total diminue si les consommateurs extérieurs sont localisés à une distance moyenne T inférieure à $\bar{T}$.

On note qu'à l'équilibre on a :

$$CT_{tot} = \frac{1}{12}t\left(1-6x_1+12x_1^2\right)+2\left(1-E^*\right)t\left(1-2x_1\right)^2+2E^*tqa^2$$

avec :

$E^* = E_1^* = E_2^*$ donnés en (2.38).

2.4 Conclusion

Dans ce chapitre, on a cherché à montrer en quoi la coexistence des transports et des télécommunications dans les coordinations inter-firmes et les activités de Recherche et Développement modifie le schéma concurrence - coopé-

ration mis en avant dans les modèles de type "microéconomie spatiale". Pour cela, on a montré dans un premier temps pourquoi les modalités de coordination étaient étroitement liées à ces deux facteurs de mutation territoriale que sont les infrastructures de transports et de télécommunications. Ensuite, on a développé un modèle à la Hotelling en deux étapes dans lequel deux firmes se font concurrence en prix mais sont parallèlement engagées dans un processus de coopération en Recherche et Développement permettant d'améliorer la qualité du bien produit. Contrairement aux modèles de Mai et Peng (2000) et Piga et Poyago-Theotoky (2005), la phase de Recherche et Développement passe par deux canaux d'échanges et de collectes d'informations distincts : une partie de l'activité de R&D est faite via les systèmes de télécommunications (échanges inter-entreprises via les TIC, mise en place d'outils de veille, intégration de l'entreprise dans le monde virtuel...), l'autre partie est effectuée par des rencontres face-à-face avec la firme concurrente, ce qui nécessite un déplacement préalable. L'originalité de ce modèle est donc d'intégrer deux modalités de coordination distincte : la coordination "physique" et la coordination "virtuelle". Le but est de voir comment se répartit l'effort en R&D de chaque firme entre ces deux modalités en fonction de la qualité des infrastructures de transports et de télécommunications disponibles, mais également comment cet arbitrage impacte le comportement des firmes dans leur processus de concurrence. On a mis en évidence trois effets principaux :

– Concernant la répartition de l'effort en R&D entre échanges face-à-face et échanges virtuels, on a mis en évidence des effets variés en fonction du niveau qualitatif des deux types d'infrastructures. En particulier, on a montré que la part du niveau d'effort d'équilibre passant par le biais des systèmes de télécommunications n'augmente avec la qualité des TIC que lorsque les infrastructures de transports ne sont pas de très bonne qualité. Une hausse qualitative des TIC ne va donc pas forcément dans le sens

d'un remplacement des échanges face-à-face par des échanges virtuels. Au contraire, le développement des TIC peut permettre d'effectuer avec un niveau d'effort moindre, autorisant ainsi à consacrer une plus grande part de l'effort à rencontrer à rencontrer physiquement les partenaires (à condition que les transports soient de bonnes qualités et que les déplacements ne soient pas trop coûteux) puisque les échanges face-à-face restent globalement plus "enrichissant" que les échanges virtuels. Ce résultat montre bien que les interactions entre transports et télécommunications constituent un phénomène complexe. En effet, on constate que l'intensité de l'utilisation des TIC dans le cadre du développement des activités en R&D (échanges inter-firmes et veille technologique) est dépendante du niveau qualitatif des TIC mais aussi des systèmes de transports.

– Au niveau des aboutissements du processus de concurrence, la détermination des prix va être influencée par le choix de l'intensité de l'utilisation des systèmes de télécommunications. En effet, le niveau des prix dépend notamment des parts de marché que les firmes peuvent obtenir. Or, la maitrise des TIC permet à ces dernières de se positionner auprès de consommateurs supplémentaires, hors marché "local". Dès lors, la possibilité d'augmenter sa part de marché à "l'extérieur" va impacter le processus de concurrence et les prix qui en résultent.

– A propos de la question de la substitution ou de la complémentarité, notre modèle reprend l'argument vu dans le chapitre précédent, et selon lequel certains déplacements peuvent être remplacés par des échanges virtuels alors que d'autres vont être engendrés par l'utilisation des TIC. Ainsi, dans le cadre des relations inter-firmes , on peut remplacer les interactions face-à-face par des interactions virtuelles (même si cela n'est pas qualitativement équivalent). En revanche, une forte utilisation des

TIC et de leurs potentiels permet de créer des opportunités supplémentaires (une demande supplémentaire dans notre modèle) qui vont générer des déplacements.

Cette analyse peut être vue comme un premier pas pour intégrer la notion de télécommunication **en plus** de la notion de transport dans des modèles de type microéconomie spatiale.

Ce chapitre reste néanmoins focalisé sur les processus de concurrence et de coopération entre firmes mais néglige l'aspect territorial. Or, les infrastructures de transports et de télécommunications sont également un facteurs d'attractivité territoriale, que ce soit pour les firmes ou pour les ménages. Dans le modèle que nous avons développé, les transports influent sur les déplacements dans le cadre des échanges en R&D inter-firmes mais ne prend pas en compte les déplacements pendulaires des travailleurs entre leur domicile et leur lieu de travail. C'est ce que nous allons étudier dans le chapitre suivant en passant d'un cadre à la Hotelling à un cadre de modèle urbain. Ceci nous permettra d'élargir le périmètre géographique (existence de deux territoires en concurrence) et d'introduire le facteur travail. On s'intéressera alors à la question des effets de la coexistence des transports et des télécommunications sur les formes urbaines et la structuration des territoires.

2.5 Annexe

2.5.1 Compléments sur le modèle de Mai et Peng

Définition du consommateur marginal

Le consommateur marginal, localisé en $\hat{x}$ est celui qui est indifférent entre acheter son unité de bien à la firme 1 ou à la firme 2 :

$$p_1 + t(\hat{x} - x_1)^2 = p_2 + t(\hat{x} - x_2)^2$$

En isolant $\hat{x}$ on obtient :

$$\hat{x} = \frac{p_2 - p_1}{2t(x_2 - x_1)} + \frac{x_2 + x_1}{2}$$

Calcul des prix d'équilibre

Conditions de premier ordre :

Pour la firme 1 :

$$\frac{\partial \pi_1}{\partial p_1} = \frac{p_2 - 2p_1 + c}{2t(x_2 - x_1)} + \frac{x_2 + x_1}{2} = 0$$

La fonction de meilleure réponse est donc :

$$p_1 = \frac{p_2 + c + t(x_2^2 - x_1^2)}{2}$$

Pour la firme 2 :

$$\frac{\partial \pi_2}{\partial p_2} = 1 - \frac{2p_2 - p_1 + c}{2t(x_2 - x_1)} + \frac{x_2 + x_1}{2} = 0$$

La fonction de meilleure réponse est donc :

$$p_2 = \frac{p_1 + c - t(x_2^2 - x_1^2) + 2t(x_2 - x_1)}{2}$$

A partir de ces fonctions de meilleures réponses on trouve les prix d'équilibres :

$$p_1 = \frac{2t}{3}(x_2 - x_1) + \frac{t}{3}(x_2 - x_1)(x_2 + x_1) + c$$

$$p_2 = \frac{4t}{3}(x_2 - x_1) - \frac{t}{3}(x_2 - x_1)(x_2 + x_1) + c$$

Les conditions de second ordre sont bien vérifiées :

Pour la firme 1 :

$$\frac{\partial^2 \pi_1}{\partial p_1^2} = -\frac{2}{2t(x_2 - x_1)} < 0$$

Pour la firme 2 :

$$\frac{\partial^2 \pi_2}{\partial p_2^2} = -\frac{2}{2t(x_2 - x_1)} < 0$$

Calcul des localisations d'équilibre

Conditions de premier ordre :

Pour la firme 1 :

$$\frac{\partial \pi_1}{\partial x_1} = \frac{t}{18}(x_2^2 - 3x_1^2 - 8x_1 - 2x_1x_2 - 4) - 2\tau(x_1 + x_2) = 0$$

Pour la firme 2 :

$$\frac{\partial \pi_2}{\partial x_2} = \frac{t}{18}(3x_2^2 - x_1^2 - 16x_2 + 2x_1x_2 + 16) - 2\tau(x_2 + x_1) = 0$$

A partir de ces équations du second degré, et en restreignant aux solutions symétriques on trouve :

$$x_1^* = \frac{12\tau - t}{4t + 24\tau} = \frac{12 - t/\tau}{4t/\tau + 24}$$

$$x_2^* = \frac{12\tau + 5t}{4t + 24\tau} = \frac{12 + 5t/\tau}{4t/\tau + 24}$$

Les conditions de second ordre sont bien vérifiées :

Pour la firme 1 :

$$\frac{\partial^2 \pi_1}{\partial x_1^2} = \frac{2t}{18}(-3x_1 - x_2 - 4) - 2\tau < 0$$

Pour la firme 2 :

$$\frac{\partial^2 \pi_2}{\partial x_2^2} = \frac{2t}{18}(3x_2 + x_1 - 8) - 2\tau < 0 \qquad \text{car} \quad x_1, x_2 \in [0, 1]$$

2.5.2 Compléments sur le modèle de Piga et Poyago-Theotoky

Définition du consommateur marginal

Le consommateur marginal, localisé en $\hat{x}$ est celui qui est indifférent entre acheter son unité de bien à la firme 1 ou à la firme 2 sachant que contrairement au modèle de Mai et Peng, la qualité du bien peut être différente entre les deux firmes. On part donc de l'expression du surplus et le consommateur marginal est tel que :

$$\nu + E_1 - p_1 - t(\hat{x} - x_1)^2 = \nu + E_2 - p_2 - t(\hat{x} - x_2)^2$$

En isolant $\hat{x}$ on obtient :

$$\hat{x} = \frac{(p_2 - p_1) - (E_2 - E_1)}{2t(x_2 - x_1)} + \frac{x_2 + x_1}{2}$$

Calcul des prix d'équilibre

Conditions de premier ordre :

Pour la firme 1 :

$$\frac{\partial \pi_1}{\partial p_1} = \frac{p_2 - 2p_1 - (x_2 - x_1)(e_2 - e_1) + t(x_2 - x_1)(x_2 + x_1)}{2t(x_2 - x_1)} = 0$$

La fonction de meilleure réponse est donc :

$$p_1 = \frac{p_2 - (x_2 - x_1)(e_2 - e_1) + t(x_2 - x_1)(x_2 + x_1)}{2}$$

Pour la firme 2 :

$$\frac{\partial \pi_2}{\partial p_2} = 1 - \frac{2p_2 - p_1 - (x_2 - x_1)(e_2 - e_1) + t(x_2^2 - x_1^2)}{2t(x_2 - x_1)} = 0$$

La fonction de meilleure réponse est donc :

$$p_2 = \frac{p_1 + (x_2 - x_1)(e_2 - e_1) - t(x_2^2 - x_1^2) + 2t(x_2 - x_1)}{2}$$

A partir de ces fonctions de meilleures réponses on trouve les prix d'équilibres :

$$p_1 = \frac{1}{3}(x_2 - x_1)[(e_1 - e_2) + t(2 + x_2 + x_1)]$$

$$p_2 = \frac{1}{3}(x_2 - x_1)[(e_2 - e_1) + t(4 - x_2 - x_1)]$$

Les conditions de second ordre sont bien vérifiées :

Pour la firme 1 :

$$\frac{\partial^2 \pi_1}{\partial p_1^2} = -\frac{2}{2t(x_2 - x_1)} < 0$$

Pour la firme 2 :

$$\frac{\partial^2 \pi_2}{\partial p_2^2} = -\frac{2}{2t(x_2 - x_1)} < 0$$

Calcul du niveau d'effort d'équilibre

Conditions de premier ordre :

Pour la firme 1 :

$$\frac{\partial \pi_1}{\partial e_1} = \frac{x_2 - x_1}{9t}(e_1 - e_2 + t(2 + x_2 + x_1)) - e_1 = 0$$

La fonction de meilleure réponse est donc :

$$e_1 = \frac{(x_2 - x_1)(t(2 + x_2 + x_1) - e_2)}{9t - x_2 + x_1}$$

Pour la firme 2 :

$$\frac{\partial \pi_1}{\partial e_2} = \frac{x_2 - x_1}{9t}(e_2 - e_1 + t(4 - x_2 - x_1)) - e_1 = 0$$

La fonction de meilleure réponse est donc :

$$e_2 = \frac{(x_2 - x_1)(t(4 - x_2 - x_1) - e_1)}{9t - x_2 + x_1}$$

A partir de ces fonctions de meilleures réponses on trouve les niveaux d'effort d'équilibres :

$$e_1 = \frac{(x_2 - x_1)[3t(2 + x_2 + x_1) - 2(x_2 - x_1)]}{3[9t - 2(x_2 - x_1)]}$$

$$e_2 = \frac{(x_2 - x_1)[3t(4 - x_2 - x_1) - 2(x_2 - x_1)]}{3[9t - 2(x_2 - x_1)]}$$

Conditions de second ordre :

Pour la firme 1 :

$$\frac{\partial^2 \pi_1}{\partial p_1^2} = -\frac{2(x_2 - x_1)}{18t} - 1$$

Pour la firme 2 :

$$\frac{\partial^2 \pi_2}{\partial p_2^2} = -\frac{2(x_2 - x_1)}{18t} - 1$$

Les conditions de second ordre sont vérifiées pour $t > \frac{1}{9}$

2.5.3 Compléments sur le modèle que nous avons développé

Compléments sur l'étape de concurrence en prix

Les conditions de second ordre sont bien vérifiées :

$$\frac{\partial^2 \pi_1}{\partial p_1^2} = \frac{1}{d(2x_1 - 1)} < 0 \qquad \text{car} \quad x_1 < 1$$

$$\frac{\partial^2 \pi_2}{\partial p_2^2} = \frac{1}{d(2x_1 - 1)} < 0 \qquad \text{car} \quad x_1 < 1$$

Compléments sur l'étape de choix du niveau d'effort E_i

Les fonctions α_1, β_1, γ_1, données dans les fonctions de meilleures réponses sont les suivantes :

$$\alpha_1 = -32q^2d^2x_1^2 + 4dq\left(-q + 8qd + 1\right)x_1 + \left(1 + 2d - 8d^2\right)q^2 + \left(-2 - 2d\right)q + 1$$

$$\beta_1 = 72d^2x_1^3 - \left(108d^2 + 48qd^2\right)x_1^2 - \left(-6qd - 54d^2 - 48qd^2 + 6d\right)x_1 - 12qd^2 - 9d^2 + 3d - 3qd$$

$$\gamma_1 = 64q^3d^2x_1^2 - 2d\left(-9 + 8q^2\left(q + 4qd - 1\right)\right)x_1 + \left(8d + 16d^2 + 1\right)q^3 - \left(2 + 8d\right)q^2 + q - 9d$$

Les conditions de second ordre sont vérifiées lorsque :

$$\frac{A - 3\sqrt{(16q^2 - 16q^3 + 9)}}{32q^3(1 - 2x_1)} \leq d \leq \frac{A + 3\sqrt{(16q^2 - 16q^3 + 9)}}{32q^3(1 - 2x_1)} \tag{2.40}$$

avec $A = 8q^2 - 8q^3 + 9$

Dans l'analyse de $\partial E_i^*/\partial q$, la fonction P présente dans la borne d_1 est définie comme suit :

$$P = \left(36\left(3 - 2q^2 + 4q^3\right)^2\right) x_1^2$$
$$+ \left(-324 - 864q^3 + 432q^2 + 960q^5 - 864q + 432q^4 - 960q^6\right) x_1$$
$$+ 216q^3 + 81 + 468q^2 - 336q^5 - 636q^4 + 432q + 336q^6$$

Dans l'analyse de $\partial p_i^*/\partial q$, la fonction B présente dans la borne d_2 est définie comme suit :

$$B = 4\left(\left(q^3 + 3\right)^2 x_1^2 - \left(9 + q\left(18 - 6q^3 + 14q^2 + q^5\right)\right) x_1\right) + q^6 + 36q^2 + 36q +$$
$$22q^3 - 12q^4 + 9$$

Chapitre 3

Transports et Télécommunications : Structuration et attractivité des territoires.

Sommaire

3.1 Introduction 95
3.2 Structure des territoires : du monocentrisme au polycentrisme. 99
3.2.1 Des concepts relativement récents en économie théorique... 99
3.2.2 ... mais très rapidement incontournables. 100
3.3 Le modèle de Cavailhès, Gaigné, Tabuchi et Thisse (2007) . 104
3.3.1 Motivation 104
3.3.2 Structure du modèle 106
3.3.3 Décentralisation à l'intérieur d'une ville 114
3.3.4 Système urbain et commerce entre villes 120
3.3.5 Analyse des résultats 126
3.4 Différenciation des infrastructures et structuration de l'espace géographique 127
3.4.1 Motivation 127
3.4.2 Modélisation du rôle des infrastructures de transport et de télécommunication 129
3.4.3 Décentralisation à l'intérieur d'une agglomération . . 133
3.4.4 Système urbain et commerce entre agglomérations . 135
3.5 Conclusion 144
3.6 Annexe 147
3.6.1 Compléments sur le modèle de Cavailhès et al. . . . 147

3.1 Introduction

En dehors de la modification des comportements des entreprises et de la question de la substitution ou de la complémentarité, on peut penser que la co-existance d'infrastructures de transports et de télécommunications vont avoir d'autres impacts. Ainsi, il est probable que la prise en considération conjointe des transports et des télécommunications puisse avoir des effets structurants sur les agglomérations qu'elles desservent. Elle vont en effet déterminer, dans une certaine mesure, le fait de voir apparaître des agglomérations monocentriques ou polycentriques, particulièrement à travers la variation des coûts urbains. Ces coûts prennent en compte la difficulté de se déplacer ou de transmettre des informations dans un territoire donné ainsi que les prix du foncier. La hausse de ces coûts urbains dans les grandes agglomérations notamment du fait de la taille croissante de celles-ci, paraît inciter à un redéploiement des activités au sein d'une structure polycentrique. Mais pour cela, il faut que les infrastructures soient suffisamment développées pour permettre aux firmes de ne pas être pénalisées en s'éloignant du centre premier. Les entreprises situées dans des centres secondaires doivent pouvoir avoir accès de manière efficace aux services présents uniquement dans le centre d'emploi premier. Ceci est illustré par Schwartz (1993) qui montre qu'environ la moitié des services aux entreprises consommés par les firmes américaines localisées en banlieue vient des centres villes. La qualité du lien entre le centre premier et les centres secondaires est donc important dans ce type d'analyse, les centres économiques étant toujours à la fois en concurrence et en étroite relation. La performance des infrastructures va également influer sur le choix de localisation des ménages car elle permettra à ceux-ci de vivre plus ou moins loin de leur lieu de travail. Le phénomène de périurbanisation observé est notamment du à une amélioration notable des infrastructures et des systèmes de transport : on peut se déplacer de plus en plus facilement et de plus en plus vite. Nous verrons

dans le chapitre sur le télétravail l'importance que peuvent revêtir les infrastructures de télécommunication dans les zones résidentielles. Il est fortement tentant pour les ménages de s'installer plus loin de leur lieu de travail et des centres en général afin de bénéficier d'un cadre de vie plus agréable. Cette tendance se confirme puisque de plus en plus de particuliers souhaitent vivre dans des espaces plus verts et moins pollués. Ce retour au rural, pour ce qui est du résidentiel, n'est possible que s'il n'est pas trop pénalisant d'effectuer un long trajet pour se rendre à son travail. La présence d'infrastructures de transport de qualité est donc indispensable (la présence d'infrastructure de télécommunication est aussi un atout dans ce cas, on y reviendra notamment dans le chapitre sur le télétravail). On peut ajouter que l'attractivité d'un territoire du point de vue des ménages va être également déterminée par la mise en relation entre les infrastructures existantes et la structure interne (monocentrique ou polycentrique) de ce territoire. Une zone géographique fortement polycentrique nécessitera moins d'être pourvue en infrastructures de transport extrêmement performantes car le polycentrisme scinde les distances à parcourir. Au contraire, une zone géographique étendue et dont l'activité économique est très fortement concentrée dans un seul pôle devra être pourvue de systèmes de transport très performants. Si ce pôle est enclavé et difficile d'accès il risque fort de voir son dynamisme faiblir au fur et à mesure du temps. Des moyens, souvent important, sont mis en œuvre par les pouvoirs publics pour faciliter la mobilité des biens et des personnes. Ce type de politique est utilisé dans le but louable de dynamiser les territoires en les ouvrant le plus possible sur le reste du monde. Les lignes de TGV comme Lille-Marseille ou Paris-Lyon sont un parfait exemple. En permettant de diminuer considérablement le temps passé dans les transports, on autorise des contacts qui n'auraient pas pu être possibles avant. Cette contraction artificielle des distances a certes un rôle dynamisant pour l'économie des régions concernées mais on peut penser

qu'elle aura parallèlement un effet sur la structuration de ces régions. La présence d'une autoroute ou d'une ligne à grande vitesse n'est pas anodine dans la forme que peut prendre l'expansion et le développement d'un territoire. Quelle que soit l'échelle géographique sur laquelle on se concentre (villes, agglomérations, régions...), ce territoire est en mouvement et la présence d'infrastructure peut être un facteur d'attraction ou de dispersion des activités. On voit même des quartiers un moment délaissés retrouver une certaine attractivité du fait de la création d'une infrastructure. Ce phénomène est notamment apparu après la construction de la ligne de tramway à Lyon[1](Voir étude du CERTU menée par Marie Robert (2005)).

On soulève donc ici la question des effets structurants des infrastructures sur le territoire. L'aménagement des territoires en réseaux et services de communication et d'information peut notamment répondre en partie à un objectif de positionnement d'une collectivité territoriale face à ses concurrents.

Cette problématique des effets structurants qui a longtemps inspirée les politiques de transport a souvent été critiquée. Le passage d'une autoroute dans une localité n'entraîne pas systématiquement le développement de cette dernière. Néanmoins, on peut toujours s'interroger sur ces effets structurants des infrastructures surtout si l'on s'intéresse à la coexistence d'infrastructures de transport et de télécommunication. L'association d'infrastructures de transport de qualité, permettant notamment de se déplacer à grande vitesse, et de réseaux de télécommunications de plus en plus performant semble constituer un couple fortement discriminant pour les territoires. La nécessité d'étudier, dans ce cadre, l'existence conjointe de ces deux types d'infrastructures s'explique en partie par le fait que la coordination à distance permise par les systèmes de télécommunications induit un besoin d'être localisé à proximité

[1]On doit souligner que cela est également du à une politique forte d'aménagement

d'infrastructures de transport rapide afin d'effectuer les déplacements générés par la coordination à distance.[2]

Parallèlement, l'attractivité d'un territoire relativement à un autre va dépendre notamment des dotations initiales en infrastructures. Les territoires pouvant être inégalement pourvus en infrastructures, le choix de localisation des firmes et des ménages va ainsi être en partie défini par cette différenciation.

On va chercher à montrer l'impact des infrastructures de transport et de télécommunications sur la structure interne et l'attractivité des agglomérations. On veut aussi mettre en évidence que c'est bien la coexistence des deux types d'infrastructures qui est importante. De plus, la notion de discrimination des territoires semble prépondérante. Il faudra donc que l'on différencie qualitativement les infrastructures d'une zone à une autre. Pourvoir toutes les aires géographiques d'infrastructures parfaitement identiques ne correspondrait pas à la réalité.

Le modèle de Cavailhès et al. (2007), en utilisant à la fois des hypothèses de la nouvelle économie géographique (avec en particulier un modèle s'inspirant de celui d'Ottaviano et al. (2002)) et des éléments d'économie urbaine constitue un cadre de base très intéressant. Il permet en particulier d'appréhender la question de la détermination de la structure interne des territoires.

Dans une première partie, on essaiera de mieux comprendre ces notions de monocentrisme et de polycentrisme en présentant quelques exemples de structures territoriales et en effectuant une brève revue de la littérature existante sur ce thème. Puis, nous présenterons le modèle de Cavailhès et al. (2007) car il constitue un cadre de formalisation très approprié à la problématique de ce chapitre. Ensuite, on s'intéressera aux impacts des infrastructures sur la structuration des territoires à travers un modèle d'économie urbaine que l'on a créé

[2]On reprend ici l'idée vue dans le chapitre précédent que des salariés peuvent être amenés à se déplacer dans le cadre de leur travail.

à partir du cadre développé par Cavailhès et al. Un des points importants de notre modèle est de permettre la différenciation des infrastructures entre les territoires afin de prendre en compte l'inéquité qui existe entre ces derniers.

3.2 Structure des territoires : du monocentrisme au polycentrisme.

Avant de développer cette section, il faut noter que la question de la structure mono ou polycentrique des territoires est fortement dépendante de l'échelle utilisée. En effet, un polycentrisme à une échelle n'en est pas un à une autre. Plus la zone étudiée est fine, plus on tend à se rapprocher d'une structure monocentrique.

3.2.1 Des concepts relativement récents en économie théorique...

Dans les années 70, la nouvelle économie urbaine voit le jour à travers, notamment, les travaux de Mills et McKinnon (1973). Les principales caractéristiques des modèles issus de ce champ théorique sont alors l'uniformité des systèmes de transport, l'homogénéité des ménages et des firmes ainsi que l'hypothèse d'une sructure urbaine monocentrique. Cette hypothèse suppose que l'espace urbain comprend un seul centre économique dont la localisation est fixée. Dans ce centre unique, nommé "Central Business District" ou "CBD", sont localisés l'intégralité des firmes, ce qui signifie que le CBD concentre toutes les opportunités d'emplois. L'occupation de l'espace urbain est donc analysée en termes de localisation résidentielle. Ces modèles à villes monocentriques suivent le cadre développé par Alonso (1964) qui a adapté la théorie de l'utilisation des terres agricoles par Von Thünen (1826) pour expliquer la distribution des activités urbaines aux alentours d'un centre urbain. La représentation monocentrique de l'espace urbain conduit à expliquer la localisation résidentielle des ménages en fonction de la distance au CBD. L'espace urbain

s'organise alors de la manière suivante : la rente foncière et les densités résidentielles diminuent au fur et à mesure que l'on s'éloigne du centre[3].

Cependant, l'évolution de l'organisation spatiale des activités au sein des espaces urbains, du fait notamment de la décentralisation, a engendré une réflexion sur la pertinence théorique et empirique des modèles monocentriques. Dès lors, les travaux de recherche vont se tourner vers de nouvelles bases théoriques avec l'apparition des premiers modèles polycentriques. Ogawa et Fuijita (1980) sont les premiers à développer un modèle non monocentrique. Cette approche polycentrique abandonne l'hypothèse d'un centre économique unique au profit d'une multiplicité de centres économiques (en général un centre principal noté CBD et des centres secondaires notés SBD). Cette modification va générer une modification de la forme de la rente foncière qui atteint son niveau maximal au niveau du CBD et des pics locaux au niveau des SBD. Cette représentation de l'espace urbain permet de retrouver un phénomène majoritairement observé dans les grandes agglomérations : une répartition des emplois entre plusieurs zones de taille et de composition différentes. Par ailleurs, les modèles polycentriques font émerger de nouvelles problématiques puisque le nombre et la localisation des centres peuvent être prédéterminés ou être justement sujet à question à travers différents modèles se focalisant sur la formation des agglomérations (Abdel-Rahman 1994, Fujita et Krugman 1995, Fujita, Krugman et Mori 1999).

3.2.2 ... mais très rapidement incontournables.

Les thèmes de la mobilité et de l'environnement

La mise en avant de l'importance de la structure des territoires sur les caractéristiques de la mobilité a modifié la compréhension et la modélisation des déplacements urbains (Camagni et al. (2002), Mignot et al. (2004)). La question de la mobilité urbaine quotidienne va alors constituer un thème de

[3]Pour une revue de littérature exhaustive sur les modèles de tradition monocentrique de la Nouvelle Economie Urbaine on peut se référer à Fujita (1989) et Papageorgiou (1990).

réflexion privilégié (Cervero (1996), Peng (1997), Priemus et al. (2001)). En particulier, les différences dans les caractéristiques (en termes de distance, durée ou choix du mode de transport) de la mobilité quotidienne, et spécifiquement des déplacements pendulaires (entre le lieu de domicile et le lieu de travail), engendrées par une organisation monocentrique ou au contraire polycentrique des emplois sont au cœur des débats (Cervero et Wu (1997), Aguilera (2005)). La question des liens entre formes urbaines et migration alternante (entre domicile et lieu de travail) peut se résumer de la façon suivante : comment les actifs se localisent-ils par rapport à leur pôle d'emploi ? Ces différents travaux vont ensuite servir de cadre d'analyse pour des problématiques nouvelles comme la ségrégation socio-spatiale (Bouzouina et Mignot (2007)) ou encore le développement durable.

Cette dernière thématique d'ordre environnemental est d'ailleurs plus que jamais d'actualité et les travaux actuels se posent la question de l'existence de formes urbaines plus "économes" que d'autres en terme de distance domicile-travail et donc des kilomètres parcourus via des systèmes de transports plus ou moins polluants. Les situations de polycentrisme, en scindant les distances, sont ainsi très souvent vues comme des situations environnementalement plus favorables. On va voir ainsi que les pouvoirs publics vont souvent faire la promotion d'une structure territoriale multicentrique.

La promotion politique du polycentrisme

Malgré une tradition centralisatrice, la France a développé assez tôt une politique de développement polycentrique. A partir de la fin des années 50 et jusqu'au début des années 70 un objectif important des politiques territoriales était de réduire l'écart, à la fois économique et culturel, entre la région parisienne et la province. La volonté du pouvoir est alors de réorganiser le territoire national en vue d'un meilleur équilibre régional et d'une répartition plus harmonieuse des activités économiques. D'après les études de Deyon et

Frémont (2000), cette politique de décentralisation industrielle fut un relatif succès puisque les opérations d'investissements encouragées entre 1963 et 1973 ont permis de créer plus de 300 000 emplois hors Ile-de-France. A partir de 1985, la compétition internationale se faisant plus rude, la Datar (Délégation à l'Aménagement du Territoire et à l'Action Régionale)[4] fait valoir que la concurrence n'est plus entre Paris et la province mais entre la capitale et les autres grandes métropoles européennes. L'Ile-de-France étant la région la plus à même d'attirer les grandes entreprises internationalisées, la plupart des instruments utilisés pour favoriser les investissements en province au dépend de la région parisienne sont donc abandonnés. On assiste alors à un renforcement de l'agglomération parisienne. En 1989, le modèle dit de la "banane bleue" mis au point par Brunet et utilisé pour mettre en lumière les espaces actifs et passifs en Europe remet en question l'attractivité de Paris au niveau européen. En effet, d'après ce modèle, Paris se trouve mal placé dans l'espace européen puisqu'à l'extérieur de cette fameuse dorsale allant du Lancashire à la Toscane. Dès lors, la Datar encourage la création de réseaux de villes afin de ne pas passer à côté de l'intégration européenne. On va alors passer d'une politique d'aménagement du territoire à une stratégie de développement des territoires. En 1993, la France encourage l'élaboration commune d'un schéma de développement de l'espace communautaire européen qui va déboucher sur la promotion d'un système urbain polycentrique.

Exemples de formes urbaines en France

Comme on peut le voir, la question des formes urbaines va alors devenir un champs d'étude à part entière. Au niveau empirique, Sarzynski et al. (2005) va préciser qu'il n'existe pas une mais plusieurs configurations polycentriques différentes. Cette différenciation peut être due à plusieurs facteurs comme la taille relative des différents pôles, l'histoire de ces pôles (pôles émergents, zones

[4] Aujourd'hui appelée DIACT.

d'activités importantes...) ou leur composition (emplois spécialisés ou diversifiés) qui vont donner un large éventail de formes possibles. Ainsi, Mignot et al (2007) ont publié un rapport analysant trois aires urbaines : l'aire urbaine de Lyon, de Marseille, et de Lille. Cette étude débouche sur la caractérisation suivante de ces trois zones géographiques :

- Lyon : "un monocentrisme relayé". L'aire urbaine de Lyon est de type monocentrique élargi, avec un centre important composé de l'ensemble que forment Lyon et Villeurbanne, élargi dans sa partie Est par des communes traditionnellement industrielles. Dans ce cas, des polarités peuvent être mises en évidence mais elles ne peuvent rivaliser avec le centre et relaient l'influence de ce dernier sur le territoire.
- Marseille : "un duocentrisme consommateur". Un pôle secondaire, Aix en Provence, est clairement identifié. Son poids est important et il structure fortement les migrations alternantes avec le centre. Le poids de la ville de Marseille est, bien sûr, le plus élevé. Marseille accueille la moitié des actifs résidents et presque 60% des emplois, soit le triple du pôle d'Aix en Provence. Ce modèle est qualifié de "consommateur" car l'éloignement géographique relativement important (environ 32 kilomètres) entre le centre (Marseille) et le pôle second (Aix en Provence) entraîne des migrations "consommatrices" en terme de distance et de temps.
- Lille : "un polycentrisme économe". L'aire urbaine de Lille articule une structure quadricentrique relativement équilibrée. Elle est composée d'une ville-centre, Lille, et de trois pôles importants : Tourcoing, Roubaix et Villeneuve d'Ascq. Ce modèle est qualifié d'"économe" car les distances sont peu importantes entre les pôles et la ville-centre (environ 12 kilomètres entre Lille et Tourcoing, 11 kilomètres entre Lille et Roubaix et 6 kilomètres entre Lille et Villeneuve d'Ascq).[5]

[5]On peut ajouter que les distances entres les trois pôles sont du même ordre de grandeur : 13 kilomètres entre Tourcoing et Villeneuve d'Ascq, 10 kilomètres entre Roubaix et Villeneuve d'Ascq et seulement 4 kilomètres entre Tourcoing et Roubaix.

La structure des territoires peut donc être très diverse et liée à la présence ou non d'infrastructure ainsi qu'à la situation géographique des territoires en question.

3.3 Le modèle de Cavailhès, Gaigné, Tabuchi et Thisse (2007)

3.3.1 Motivation

Partant de la constatation que les villes sont des acteurs majeurs dans les échanges commerciaux, et que l'intensité de ses échanges est influencée par la taille et la structure des villes, Cavailhès, Gaigné, Tabuchi et Thisse développent dans leur article "Trade and the structure of cities" un modèle permettant d'étudier comment différentes formes de frictions spatiales (pour les firmes comme pour les travailleurs) affectent la localisation des activités économiques entre les villes, mais aussi la structure interne des villes. Pour cela, ils modélisent les interactions entre trois coûts affectant la mobilité des personnes, des biens et des informations à savoir :

- les coûts de déplacements qui affectent les travailleurs effectuant des trajets entre leur lieu de travail et leur lieu de résidence,
- les coûts d'exportation que supportent les firmes localisées sur un territoire et qui vendent leurs biens non seulement sur le marché local mais aussi sur des marchés extérieurs,
- les coûts de communication qui s'appliquent dans leur modèle aux firmes établies dans un centre d'emplois secondaire mais qui doivent rester en contact avec le centre d'emplois premier.

Leur approche combine des éléments d'économie urbaine et des éléments de la nouvelle économie géographique. Ils expliquent comment la décentralisation de la production vers des centres secondaires peut permettre à de grandes villes de contenir une large part de firmes et de travailleurs. D'après Duranton

et Puga (2004), l'augmentation des coûts urbains pourrait déplacer l'emploi de grandes villes monocentriques vers les banlieues ou vers de petites villes plus éloignées où ces coûts sont plus faibles. Cet effet serait renforcé par la baisse des coûts d'exportations facilitant ainsi une production dans des zones éloignées. La suprématie des grandes villes en terme d'attractivité pourrait donc être contestée par de plus petites villes. Le principal apport du modèle de Cavailhès, Gaigné, Tabuchi et Thisse est alors de mettre en évidence que l'émergence de centres secondaires à l'intérieur des grandes villes permet de maintenir l'attractivité de celles-ci. De nombreux avantages du polycentrisme ont d'ailleurs été mis en relief par d'autres études. Ainsi, les entreprises établies dans les centres secondaires pourraient se permettre de fixer des salaires plus faibles et paieraient des rentes foncières moins élevées. Sur ce dernier point, il est aisé de vérifier que les prix du foncier sont généralement plus élevés dans le centre premier que dans les centres seconds. Si l'on prend l'exemple de la région parisienne, on constate que les prix sont bien moins abordables dans Paris intra-muros que dans la banlieue. Glaeser et Kahn (2004) montrent que dans la plupart des métropoles occidentales, le poids démographique et économique de la périphérie est de plus en plus élevé. Ainsi, Mieskowski et Mills (1993) notent que les Etats-Unis tendent vers une situation où 40% des emplois et 30% des habitants des Metropolitan Statistical Area (équivalent américain des agglomérations) seulement seront en centre ville. Cette évolution s'explique par une croissance plus forte en périphérie. Beyers et Lindhal (1996) remarquent qu'aux Etats-Unis, la majorité de la croissance de l'emploi entre 1985 et 1995 a bénéficié aux zones rurales. Les entreprises mais aussi les travailleurs sont nombreux à préférer s'installer dans les banlieues. L'apparition de centres secondaires aboutissant à la création d'un territoire polycentrique semble ainsi inexorable. C'est donc sans surprise que Anas et al. (1998) observent une forte montée en puissance du polycentrisme.

Cavailhès et al. développent un modèle à deux villes où chaque ville à une dimension spatiale imposant des coûts de déplacement et de communication. Le commerce entre les villes nécessite de s'astreindre d'un coût d'exportation. Contrairement aux modèles développés précédemment dans la littérature comme par exemple celui de Tabuchi (1998), leur cadre permet aux villes d'être polycentriques. Le point fort du modèle de Cavailhès et al. est d'endogénéiser la structure interne des villes. Le rapport entre les différents coûts formalisés permet de définir la forme monocentrique ou polycentrique d'une ville.

3.3.2 Structure du modèle

L'espace

Les auteurs considèrent une économie composée de deux villes notées $r = 1, 2$, séparées par un espace physique donné. Cette économie comporte un secteur d'activité et un facteur de production : le travail. Chaque ville comporte des firmes et des travailleurs. Elle est représentée par un espace unidimensionnel X.

La structure de chaque ville peut être définie comme suit :

- il existe un centre d'emplois premier appelé CBD (pour central business district) localisé à l'origine $0 \in X$.
- il existe deux centres d'emplois seconds appelés SBD (pour second business district) localisés symétriquement de chaque côté du CBD en $x_r^S \in X$ et $-x_r^S \in X$.
- le reste de la ville est constitué de zones résidentielles occupées par les travailleurs.

Chaque ville étant supposée avoir une structure interne parfaitement symétrique, les auteurs se focalisent sur le côté droit des villes. Les CBD tout comme les SBD sont supposés sans dimension. Les firmes sont libres de se localiser dans un CBD ou dans un SBD. Néanmoins, certains services étant

présents uniquement dans le CBD, les firmes se localisant dans un SBD doivent supporter un coût de communication formé de deux composantes :

- l'acquisition d'équipements particuliers représentée par une constante positive K.
- le déplacement de certains employés de la firme vers le CBD car les communications entre CBD et SBD nécessitent également des relations face à face. Ces relations sont représentées par kx_r^S avec k une constante positive. On constate que cette composante du coût de communication est dépendante de la distance entre CBD et SBD.

Le coût de communication avec le CBD d'une firme localisée dans un SBD est donc donné par :

$$\kappa(x_r^S) = K + kx_r^S. \tag{3.1}$$

Les travailleurs

L'économie est pourvue de L travailleurs mobiles. Le bien être des travailleurs dépend des trois biens suivants :

- Un bien homogène et non produit qui constitue le numéraire de l'économie. Il est échangeable sans coût que ce soit à l'intérieur d'une ville ou entre les villes. Une quantité de ce bien est notée q_0.
- Un bien produit en concurrence monopolistique avec des rendements d'échelles croissants. Il prend la forme d'un continuum de n variétés horizontalement différenciées. Chaque variété peut être exportée d'une ville vers l'autre à un coût $\tau > 0$ par unité. En revanche, le coût de transport de ce bien est supposé nul à l'intérieur d'une ville. Une quantité de la variété $i \in [0, n]$ de ce bien est notée $q(i)$.
- La terre. Chaque travailleur utilise une unité de terre afin de se loger dans la ville où il travaille. Le coût d'opportunité de la terre est supposé nul.

Chaque travailleur choisit de consommer une quantité q_0 de numéraire et une quantité $q(i)$ du bien différencié de variété $i \in [0, n]$ à un prix $p_r(i)$. Pour cela, il est pourvu d'une unité de travail qui lui rapporte un salaire noté w_r^C s'il travaille dans le CBD ou w_r^S s'il travaille dans un SBD. Par ailleurs, il détient une quantité $\bar{q}_0$ de numéraire supposée suffisamment large pour que la consommation de numéraire soit positive à l'équilibre de marché[6]. Pour ce qui est des coûts, chaque travailleur doit s'acquitter d'une rente foncière notée $R_r(x)$ où x représente la localisation résidentielle du travailleur. De plus, le déplacement du lieu de résidence au lieu de travail constitue un coût de transport. On note $t > 0$ le coût de transport par unité de distance supporté par les travailleurs pour se rendre de leur habitation à leur travail. Un travailleur de la ville r habitant en $x \in X$ subit un coût de transport tx s'il travaille dans le CBD et $t|x - x_r^S|$ s'il travaille dans un SBD.

La contrainte budgétaire de l'individu résidant en $x \in X$ dans la ville r et travaillant dans le CBD correspondant peut donc être écrit de la manière suivante :

$$\int_0^n p_r(i)q(i)di + q_0 + R_r(x) + tx = w_r^C + \bar{q}_0. \tag{3.2}$$

La contrainte de budget des travailleurs du SBD s'obtient en remplaçant w_r^C par w_r^S et tx par $t|x - x_r^S|$. Comme dans Ogawa et Fujita (1980), les salaires et les coûts de déplacements sont déterminés de manière endogène à travers la distribution globale des firmes et des travailleurs à l'intérieur des villes.

Les préférences sur le bien différencié et le bien numéraire sont identiques pour tous les travailleurs et sont représentées par une fonction d'utilité quasi-linéaire captant une sous-utilité quadratique [7] :

[6]La demande de bien numéraire est une demande résiduelle. En vérifiant qu'elle est positive à l'équilibre, on s'assure que le calcul des quantités de biens différenciés n'est pas faussé par l'apparition d'une demande résiduelle négative.

[7]Ce type de fonction d'utilité est couramment utilisée dans la littérature. On trouve notamment cette fonction dans l'article de Ottaviano et al. (2002).

$$U(q_0; q(i)) = \alpha \int_0^n q(i)di - \frac{\beta - \gamma}{2} \int_0^n [q(i)]^2 di - \frac{\gamma}{2} \left[\int_0^n q(i)di \right]^2 + q_0, \quad (3.3)$$

pour tout $i \in [0, n]$ et avec $\alpha > 0$ et $\beta > \gamma > 0$. La condition $\beta > \gamma$ implique que les travailleurs ont une préférence pour la variété.

Les firmes

La technologie de production est telle que la production de n'importe quelle quantité $q(i)$ nécessite un montant fixe ϕ d'unités de travail. Cette hypothèse déjà utilisée par Ottaviano et al. (2002) revient à générer des rendements d'échelle croissants. Du fait de ces rendements d'échelle croissants et de l'absence d'économies de gamme, chaque firme produit une et une seule variété. Ainsi, le nombre total de firmes dans l'économie est donné par $n = L/\phi$. L'apurement du marché du travail implique que le nombre de firmes localisées dans la ville r, n_r, est tel que $n_r = \lambda_r n$ avec λ_r la part des travailleurs vivant dans la ville r.

On note π_r^C (respectivement π_r^S) le profit réalisé par une firme établie dans le CBD (respectivement dans un SBD) de la ville r et $I_r(i)$ la recette de la firme produisant la variété i. On appelle θ_r la part des firmes de la ville r localisées dans le CBD. La part des firmes de la ville r localisées dans chaque SBD sera donc de $(1 - \theta_r)/2$.

Lorsque la firme produisant la variété i est localisée dans le CBD de la ville r, sa fonction de profit est donnée par :

$$\pi_r^C(i) = I_r(i) - \phi w_r^C. \quad (3.4)$$

Lorsque la firme produisant la variété i est localisée dans un SBD de la ville r, sa fonction de profit est donnée par :

$$\pi_r^C(i) = I_r(i) - \phi w_r^S - \kappa(x_r^S). \tag{3.5}$$

Les recettes de la firme produisant la variété i sont les mêmes qu'elle se localise dans le CBD ou dans un SBD de la ville r du fait de l'hypothèse d'absence de coût de transport des biens à l'intérieur d'une ville.

Structure de marché

En intégrant la contrainte budgétaire (3.2) dans la fonction d'utilité (3.3) et en résolvant la condition de premier ordre par rapport à $q(i)$ on obtient :

$$q(i) = a - bp(i) + c\int_0^n [p(j) - p(i)]\, dj, \tag{3.6}$$

avec :

$$\begin{aligned} a &= \alpha b, \\ b &= \frac{1}{\beta + (n-1)\gamma}, \\ c &= \frac{\gamma b}{\beta - \gamma}. \end{aligned} \tag{3.7}$$

Le paramètre a exprime la désirabilité du bien différencié par rapport au numéraire. Lorsque a augmente, la quantité demandée de toutes les variétés du bien différencié augmente. Le paramètre b mesure la sensibilité des consommateurs au prix. Plus b est élevé plus le prix de la variété i a d'impact sur la quantité demandée de cette variété. Quant au paramètre c, il mesure le degré de différenciation entre les variétés. Lorsque c est très grand (c tend vers l'infini), les variétés sont de parfaits substituts. Lorsque c est nul, les variétés sont indépendantes. La demande de la variété i ne dépend pas du prix des autres variétés.

Comme le montre les études empiriques de Engel et Rogers (1996) et de Haskel et Wolf (2001) [8], les entreprises pratiquent une certaine forme de discrimination spatiale des prix. Les firmes vont donc fixer un prix différent pour les deux villes. On note $p_{rr}(i)$ le prix que fixe la firme localisée dans la ville r, produisant la variété i, aux consommateurs localisés dans la ville r et $p_{rs}(i)$ le prix que fixe cette même firme aux consommateurs de la ville s. L'indice des prix de toutes les variétés dans la ville r est donné par :

$$P_r = \int_0^{n_r} p_{rr}(i)di + \int_0^{n_s} p_{sr}(i)di \qquad s \neq r. \tag{3.8}$$

Les demandes pour la variété i produite dans la ville r de la part d'un travailleur de la ville r et d'un travailleur de la ville s peuvent être réécrites respectivement comme suit :

$$q_{rr}(i)di = a - (b + cn)p_{rr}(i) + cP_r, \tag{3.9}$$

$$q_{rs}(i)di = a - (b + cn)p_{rs}(i) + cP_s. \tag{3.10}$$

Sachant qu'il y a $\lambda_r L$ travailleurs dans la ville r et $\lambda_s L = (1 - \lambda_r)L$ travailleurs dans la ville s, la firme localisée en r et produisant la variété i recevra les demandes globales suivantes de la part des travailleurs de la ville r et de la ville s :

[8] Engel et Rogers montrent, à partir de données américaines et canadiennes, que la distance entre deux villes est significative pour expliquer les écarts de prix. Le fait de franchir une frontière renforce de manière importante ce phénomène.
Haskel et Wolf étudient pour leur part, le prix de 100 biens identiques vendus dans 25 pays par Ikea et concluent qu'il existe des différences de prix significatives d'un pays à un autre pour les mêmes biens.

$$Q_{rr}(i) = \lambda_r L q_{rr}(i), \tag{3.11}$$

$$Q_{rs}(i) = (1 - \lambda_r) L q_{rs}(i). \tag{3.12}$$

La recette de la firme établie dans la ville r produisant la variété i est donc donnée par :

$$I_r(i) = p_{rr}(i) Q_{rr}(i) + [p_{rs}(i) - \tau] Q_{rs}(i). \tag{3.13}$$

$p_{rr}(i)Q_{rr}(i)$ représente la recette sur le marché local et $[p_{rs}(i) - \tau] Q_{rs}(i)$ représente la recette sur le marché extérieur. On note que du fait de l'existence d'un continuum de firmes, chaque firme a un impact négligeable sur le marché mais que certains agrégats (ici l'indice de prix P_r) affectent toutes les firmes. Comme les variétés sont symétriques, toutes les firmes localisées dans la même ville fixent le même prix. De la même façon que Ottaviano et al. (2002), on trouve les prix d'équilibre suivants :

$$p_{rr}^* = \frac{2a + c\tau(1 - \lambda_r)n}{2(2b + cn)}, \tag{3.14}$$

$$p_{rs}^* = p_{ss}^* + \frac{\tau}{2}. \tag{3.15}$$

Il apparaît que le prix qui prévaut dans une ville décroît avec le nombre de firmes qui y sont localisées mais augmente avec le niveau du coût d'exportation.

En substituant (3.14) et (3.15) dans les fonctions de demande (3.9) et (3.10) et en utilisant l'indice de prix donné dans l'équation (3.8), on obtient les niveaux de consommation d'équilibre suivants :

$$q_{rr}^* = a - bp_{rr}^* + \frac{cn_s\tau}{2}, \tag{3.16}$$

$$q_{rs}^* = q_{ss}^* - \frac{(b+cn)\tau}{2}. \tag{3.17}$$

De manière naturelle, on constate que des coûts d'exportation élevés renforce la demande pour les variétés locales aux dépends des variétés produites dans l'autre ville. Cet effet diminue lorsque les variétés deviennent plus différenciées (lorsque c diminue).

Le surplus du consommateur est donné par :

$$\begin{aligned} S_r^* &= \frac{a^2 n}{2b} - a(n_r p_{rr}^* + n_s p_{sr}^*) + \frac{b+cn}{2}\left[n_r (p_{rr}^*)^2 + n_s (p_{sr}^*)^2\right] \\ &\quad - \frac{c}{2}(n_r p_{rr}^* + n_s p_{sr}^*)^2. \end{aligned} \tag{3.18}$$

En remplaçant les prix et quantités d'équilibre dans l'équation (3.13) on obtient la recette d'équilibre d'une firme localisée en r :

$$I_r^* = (b+cn)\left[\lambda_r L (p_{rr}^*)^2 + (1-\lambda_r) L (p_{rs}^* - \tau)^2\right]. \tag{3.19}$$

Ces deux dernières équations dépendent de la répartition des travailleurs entre les deux villes.

Il reste à trouver les conditions pour que le commerce entre les deux villes se produise à l'équilibre. C'est le cas lorsque q_{rs}^* est positif pour n'importe quelle distribution de travailleurs. On peut vérifier que c'est le cas lorsque :

$$\tau < \tau_{trade} = \frac{2a\phi}{2b\phi + cL}. \tag{3.20}$$

On supposera cette relation toujours vérifiée. Elle garantie également qu'il est toujours profitable pour une firme d'exporter ($p^*_{rs} - \tau > 0$). On constate que la valeur critique τ_{trade} est décroissante avec le nombre de travailleurs dans l'économie. En effet, plus la population est importante, plus la masse de biens à exporter est potentiellement élevée. Le coût unitaire à l'exportation doit donc être plus faible.

On va maintenant étudier les configurations d'équilibre à l'intérieur d'une ville.

3.3.3 Décentralisation à l'intérieur d'une ville

Dans cette section on se concentre sur une seule ville (notée r) et même sur le côté droit uniquement de cette ville puisqu'elle est symétrique conformément à la description faite auparavant de la structure des villes. Une ville est considérée à l'équilibre lorsque chaque individu maximise son utilité sous la contrainte de son budget, que chaque firme maximise son profit et que les marchés sont épurés. Les individus choisissent leur lieu de travail (CBD ou SBD) et leur lieu de résidence en intégrant le salaire et la rente foncière comme facteur de décision. Dans chaque centre d'emplois (CBD ou SBD), le salaire d'équilibre est déterminé par un processus d'enchère dans lequel les firmes se concurrencent pour attirer des travailleurs en leur offrant des salaires plus élevés jusqu'à ce qu'aucune firme supplémentaire ne puisse entrer sur le marché. Étant donnés les salaires d'équilibre et la localisation des travailleurs, les firmes choisissent de s'établir dans le CBD ou dans un SBD. Lorsque la ville est à l'équilibre, aucune firme n'a intérêt à changer de localisation à l'intérieur de la ville et aucun travailleur n'a intérêt à changer de lieu de travail ou de résidence. On va analyser cet équilibre en supposant le nombre de travailleur fixé.

Rentes foncières, salaires et centres d'emplois

On cherche à déterminer la rente foncière prévalant à chaque point x de la ville r notée $R_r(x)$. On note $\psi_r^C(x)$ et $\psi_r^S(x)$ la rente d'enchère en x des travailleurs du CBD et du SBD respectivement. Les auteurs ont construit la rente foncière de la manière suivante :

- Une zone résidentielle est allouée au travailleur proposant l'enchère la plus élevée. Par conséquent, du fait des coûts de transport, les travailleurs du CBD vont habiter autour du CBD et les travailleurs du SBD vont habiter autour du SBD. En effet, l'espace géographique n'étant pas différencié au niveau de la qualité résidentielle, les travailleurs n'ont aucun intérêt à vivre très éloigné de leur lieu de travail. C'est donc la distance entre lieu de travail et lieu de résidence qui va régir la demande foncière.
- La rente foncière augmente lorsqu'on se rapproche d'un centre. Le fait de vivre plus près de son lieu de travail diminuant le coût du déplacement habitat-travail, il est logique que la rente foncière augmente lorsqu'on se rapproche des centres.
- Les auteurs supposent que la rente d'enchère est une fonction linéaire décroissante avec la distance au centre d'emploi concerné et prenant en compte le coût de transport au sein de la ville. Ainsi, $\psi_r^C(x)$ est de la forme :

$$\psi_r^C(x) = t(A_r^C - x)$$

Avec A_r^C, le taux de rente foncière dans le CBD.

et $\psi_r^S(x)$ est de la forme :

$$\psi_r^S(x) = t(A_r^S - |x_r^S - x|).$$

Avec A_r^S, le taux de rente foncière dans le SBD.

On déterminera ensuite les valeurs de A_r^C et de A_r^S permettant de bien calibrer le modèle.

- Les résidences des travailleurs sont réparties de manière uniforme et de telle manière qu'aucun point du territoire ne soit inoccupé[9].
- On peut alors trouver trois points critiques :
  - z_1 qui représente à la fois la fin de la zone résidentielle des travailleurs du CBD et le début de la zone résidentielle des travailleurs du SBD.
  - x_r^S qui représente la localisation du SBD situé sur le côté droit de la ville et qui est tel que $\psi_r^S(x_r^S)$ est la rente d'enchère maximale faites par les travailleurs de ce SBD.
  - z_2 qui représente la fin de la zone résidentielle des travailleurs du SBD de droite mais également la borne de droite de la ville.
- Comme il y a $\theta_r \lambda_r L$ travailleurs dans le CBD, $\theta_r \lambda_r L/2$ individus vivent sur le côté droit du CBD. La zone $[0,\ \theta_r \lambda_r L/2]$ correspond aux résidences de la moitié des travailleurs du CBD (l'autre moitié étant localisée symétriquement par rapport au CBD). Le premier point critique est donc :

$$z_1 = \frac{\theta_r \lambda_r L}{2}. \tag{3.21}$$

- On sait qu'il y a $(1-\theta_r)\lambda_r L/2$ travailleurs dans le SBD situé du côté droit de la ville. Les résidences de ces travailleurs sont réparties symétriquement de chaque côté du SBD. On peut donc en déduire la localisation du second point critique :

$$x_r^S = \frac{(1+\theta_r)\lambda_r L}{4}. \tag{3.22}$$

[9] Permettre l'existence d'espace vide ne changerait pas la nature des résultats mais uniquement les valeurs. De plus cela complexifierait la résolution du modèle du fait des problèmes de discontinuité qui se posent dans ce cas.

– Le dernier point critique correspond au fait que la moitié des travailleurs de la ville habitent sur le côté droit de la ville. On a donc :

$$z_2 = \frac{\lambda_r L}{2}. \tag{3.23}$$

– Les auteurs normalisent à zéro la rente d'enchère des travailleurs ayant les résidences les plus éloignés de leur lieu de travail. Cela va déterminer les valeurs de A_r^C et A_r^S. On a $\psi_r^C(z_1) = \psi_r^S(z_1) = \psi_r^S(z_2) = 0$. On trouve alors la valeur de la rente foncière :

$$R_r(x) = \psi_r^C(x) = t\left(\frac{\theta_r \lambda_r L}{2} - x\right) \quad \text{pour} \quad x < z_1 \tag{3.24}$$

et

$$R_r(x) = \psi_r^S(x) = t\left(\frac{(1-\theta_r)\lambda_r L}{4} - |x_r^S - x|\right) \quad \text{pour} \quad x > z_1. \tag{3.25}$$

Ceci peut être représenté par le graphique suivant :

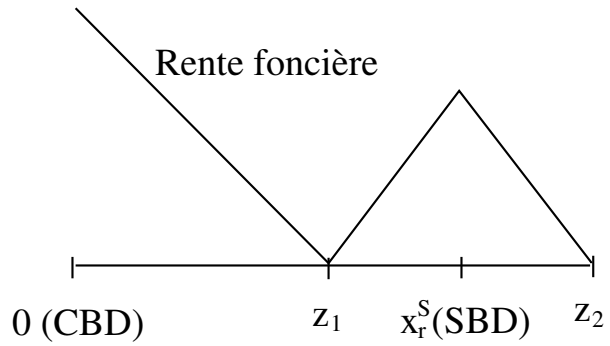


Fig. 3.1: Représentation de la rente foncière et des points critiques.

Il faut noter qu'à l'équilibre, le travailleur localisé en z_1 doit être indifférent entre travailler dans le CBD ou dans le SBD de droite. On a alors $w_r^C - R(z_1) - tz_1 = w_r^S - R(z_1) - t(x_r^S - z_1)$, ce qui nous donne :

$$w_r^C - w_r^S = t\frac{3\theta_r - 1}{4}\lambda_r L. \tag{3.26}$$

Le salaire prévalant dans le CBD est donc supérieur au salaire prévalant dans les SBD tant que $\theta_r > 1/3$ ce qui signifie que la taille du CBD est supérieur à la taille de chaque SBD. On note également que lorsque la taille de la population dans la ville augmente, l'écart de salaire augmente.

Salaires d'équilibre et structure de la ville

Les salaires d'équilibre sont déterminés par la condition profit nul. Ainsi, les salaires d'équilibre dans le CBD et dans les SBD doivent satisfaire les conditions $\pi_r^C(w_r^{C*}) = 0$ et $\pi_r^S(w_r^{S*}) = 0$. En annulant les équations (3.4) et (3.5), on obtient les salaires d'équilibres suivants :

$$w_r^{C*} = \frac{I_r^*}{\phi} \tag{3.27}$$

et

$$w_r^{S*} = \frac{I_r^* - \kappa(x_r^S)}{\phi}. \tag{3.28}$$

Ainsi, $w_r^{C*} - w_r^{S*} = \kappa(x_r^S)/\phi$, ce qui signifie que la différence de salaires est proportionnelle au niveau du coût de communication supporté par les firmes des SBD. En remplaçant (3.1), (3.27) et (3.28) dans l'équation (3.26) on obtient :

$$\theta_r = \frac{4K + (t\phi + k)\lambda_r L}{(3t\phi - k)\lambda_r L}$$

qui est positif et supérieur à $1/3$ si et seulement si $k/3\phi < t$. On supposera que cette condition est vérifiée. La répartition d'équilibre des firmes à l'intérieur d'une ville est donc donnée par :

$$\theta_r^* = \min\left\{1,\ \frac{4K + (t\phi + k)\lambda_r L}{(3t\phi - k)\lambda_r L}\right\}. \tag{3.29}$$

On observe que $\theta_r^* = 1/3$ lorsque $K = k = 0$ ce qui signifie qu'en l'absence de coût de communication, la ville est composée de trois centres d'emplois identiques. De plus, lorsque $\theta_r^* < 1$, une hausse de la taille de population dans la ville entraîne une augmentation de la taille absolue du CBD mais une baisse de sa taille relative. En d'autres termes, lorsque la population de la ville croît, le nombre de firme dans la ville augmente mécaniquement du fait de la construction du modèle. Cette hausse du nombre de firme va entraîner un développement du CBD et des SBD d'où une augmentation de la taille absolue du CBD (et des SBD). Néanmoins, ces firmes supplémentaires vont plutôt se localiser dans les SBD, d'où une baisse de la taille relative du CBD. Ceci peut notamment s'expliquer à travers l'équation (3.26). Une hausse de la taille de la population entraîne une hausse du salaire relatif dans le CBD. Les firmes sont alors inciter à aller plutôt s'installer dans les SBD. Enfin, on peut dire que tant que $\theta_r^* < 1$, plus les coûts de communication sont élevés (κ fort), plus le CBD est important. De même, moins il est coûteux pour les travailleurs de se déplacer (t faible), plus le CBD est important.

On peut vérifier qu'une ville r est monocentrique ($\theta_r = 1$) si et seulement si :

$$t \leq \frac{2K + k\lambda_r L}{\phi\lambda_r L}. \tag{3.30}$$

On constate qu'une ville polycentrique a plus de chance d'apparaître lorsque les coûts de déplacements des travailleurs sont élevés, que les coûts de communication des firmes sont faibles et que la population de la ville est grande.

Proposition 10 ***(Cavailhès et al. (2007))*** *:*

Une ville r est monocentrique si et seulement si $t \leq (2K + k\lambda_r L)/\phi\lambda_r L$. Sinon elle est polycentrique.

3.3.4 Système urbain et commerce entre villes

On considère maintenant l'économie dans son ensemble, avec ses deux villes. Les travailleurs sont libres de choisir la ville dans laquelle ils souhaitent vivre (sachant qu'ils travailleront dans la ville où ils vivent). On fait l'hypothèse que lorsqu'ils décident de déménager ou non ils connaissent la structure des deux villes (monocentrique ou polycentrique) ainsi que la rente foncière prévalant dans chacune d'elles. On note C_r^C et C_r^S les coûts urbains supportés par les individus de la ville r travaillant respectivement dans le CBD et dans les SBD. Ces coûts correspondent à la rente foncière à laquelle s'ajoute le coût de déplacement que supporte les travailleurs pour se rendre à leur centre d'emploi. En utilisant les équations (3.24) et (3.25) on obtient :

$$C_r^C = R_r(x) + tx = t\frac{\theta_r \lambda_r L}{2} \tag{3.31}$$

et

$$C_r^S = R_r(x) + t|x_r^S - x| = t\frac{(1-\theta_r)\lambda_r L}{4}. \tag{3.32}$$

On voit que les coûts urbains ne dépendent pas de la localisation de la résidence car la rente foncière est construite de telle manière que le fait de vivre plus loin de son travail est exactement compensé par une rente foncière plus faible. Le coût urbain est donc identique pour tous les travailleurs du même centre d'emploi.

La fonction d'utilité indirecte d'un individu travaillant dans le CBD de la ville r est donnée par :

$$V_r^C(\lambda_r) = S_r^* + w_r^{C*} - C_r^C + \bar{q}_0, \tag{3.33}$$

tandis que la fonction d'utilité indirecte d'un individu travaillant dans un SBD de la ville r est donnée par :

$$V_r^S(\lambda_r) = S_r^* + w_r^{S*} - C_r^S + \bar{q}_0. \tag{3.34}$$

Lorsque la ville r est polycentrique, à l'équilibre, les travailleurs sont répartis de telle façon que $V_r^C(\lambda_r) = V_r^S(\lambda_r) = V_r(\lambda_r)$. De même, lorsque $\lambda_r n$ firmes sont établies dans la ville r, elles sont réparties à l'équilibre de telle sorte que $\pi_r^C(\lambda_r) = \pi_r^S(\lambda_r) = 0$.

A partir de maintenant, afin d'alléger les notations, on note λ la part des travailleurs vivant dans la ville 1. La part des travailleurs vivant dans la ville 2 est donc de $1 - \lambda$. Un équilibre global survient en $\lambda^* \in [0, 1]$ lorsque la différence d'utilité $\Delta V(\lambda^*) = V_1(\lambda^*) - V_2(\lambda^*) = 0$ ou en $\lambda^* = 1$ si $\Delta V(1) > 0$. Un équilibre global est stable si et seulement si $\partial\Delta(\lambda)/\partial\lambda < 0$ au voisinage de λ^*. Le fait que ΔV dépende de la structure interne constitue une des avancées majeures de ce modèle.

Afin de déterminer les différentes configurations possibles, on définit deux valeurs critiques à partir de l'équation (3.30) :

$$\bar{t}_1(\lambda_1) = \frac{2K}{\phi\lambda L} + \frac{k}{\phi} \tag{3.35}$$

et

$$\bar{t}_2(\lambda_1) = \frac{2K}{\phi(1-\lambda)L} + \frac{k}{\phi}. \tag{3.36}$$

Sans perte de généralité on suppose que $\lambda \geq 1/2$ ce qui implique que $\bar{t}_1 \leq \bar{t}_2$. En utilisant la Proposition 10, on voit apparaître trois configurations possibles :

- si $t \leq \bar{t}_1$, les deux villes sont monocentriques,
- si $\bar{t}_1 < t \leq \bar{t}_2$, la ville 1 est polycentrique et la ville 2 est monocentrique,
- si $\bar{t}_2 < t$, les deux villes sont polycentriques.

On va maintenant étudier ces trois configurations.

On note que sous une dispersion égalitaire ($\lambda = 1/2$), on a $\bar{t}_1 = \bar{t}_2 = T_D$ avec :

$$T_D = \frac{4K}{\phi} L + \frac{k}{\phi}.$$

Les deux villes dans ce cas sont monocentriques si $t < T_D$ et polycentriques si $t > T_D$.

De même, dans le cas d'une agglomération dans la ville 1 ($\lambda = 1$), $\bar{t}_2 \to \infty$ et $\bar{t}_1 = T_A$ avec :

$$T_A = \frac{2K}{\phi} L + \frac{k}{\phi} < T_D.$$

L'agglomération se fait alors dans une ville monocentrique si $t < T_A$ ou dans une ville polycentrique si $t > T_A$.

Les deux villes sont monocentriques

On suppose que $t \leq \bar{t}_1$ et que donc aucune ville n'est polycentrique. On a $\theta^* = 1$ pour tout $\lambda \in [1/2, 1]$. En utilisant la fonction (3.33), et en posant $\delta_{mm} = -\varepsilon_1 \tau^2 + \varepsilon_2 \tau - \varepsilon_3 t$, avec :

$$\begin{aligned} \varepsilon_1 &= (b\phi + cL)(6b^2\phi^2 + 6b\phi cL + c^2L^2) > 0, \\ \varepsilon_2 &= 4a\phi(b\phi + cL)(3b\phi + 2cL) > 0, \\ \varepsilon_3 &= 2(2b\phi + cL)^2\phi^2 > 0. \end{aligned} \tag{3.37}$$

On obtient la différence d'utilité suivante :

$$\Delta_{mm}V(\lambda) = \delta_{mm}(\lambda - 1/2) \tag{3.38}$$

A l'équilibre on a $\Delta_{mm}V(\lambda^*) = 0$. En conséquence, la répartition des travailleurs entre les deux villes monocentriques est donnée par :

$$\lambda^*_{mm} = 1/2. \tag{3.39}$$

Cet équilibre est stable si $\delta_{mm} < 0$ soit lorsque $t > T_m$ avec :

$$T_m = \frac{\tau(\varepsilon_2 - \varepsilon_1\tau)}{\varepsilon_3},$$

qui est positif pour toutes les valeurs admissibles de τ puisque $\tau_{trade} < \varepsilon_1/\varepsilon_2$. Ainsi, $\lambda^* = 1/2$ est un équilibre stable lorsque $T_m < t < T_D$ (puisque $\bar{t}_1 = T_D$ lorsque $\lambda = 1/2$).

Si $t < T_m$, une dispersion des travailleurs dans deux villes monocentriques de même taille n'est pas stable. En revanche, si $t < T_m$ et $t < T_A$, l'émergence d'une seule ville monocentrique regroupant tous les travailleurs ($\lambda = 1$) est possible. Comme $\Delta_{mm}V(1) > 0$ lorsque $t < T_m$ alors $\lambda^* = 1$ est un équilibre stable lorsque $t < T_m$ et $t < T_A$.

Proposition 11 ***(Cavailhès et al. (2007))*** *:*
Si $t < \min\{T_m, T_A\}$*, il existe un équilibre global stable dans lequel les travailleurs et les entreprises sont agglomérés dans une seule ville monocentrique. Si* $T_m < t < T_D$*, il existe un équilibre global stable dans lequel les travailleurs et les entreprises sont dispersés entre deux villes monocentriques de même taille.*

On constate qu'il est plus facile d'obtenir un équilibre avec deux villes monocentriques lorsque le coût de communication des firmes est élevé et le

coût de déplacement des travailleurs est suffisamment faible ($t < T_D$) mais pas trop. Ces résultats ne sont pas surprenant. Des coûts de communications élevés sont évidemment un frein à l'apparition de villes polycentriques.

Une ville est polycentrique et l'autre est monocentrique

On s'intéresse maintenant au cas où les deux villes ont des structures internes différentes. Sans perte de généralité, on suppose que la ville 1 est polycentrique ($\theta_1 < 1$) et que la ville 2 est monocentrique ($\theta_2 = 1$) ce qui signifie qu'on a $\bar{t}_1 < t < \bar{t}_2$. On peut noter que cette condition implique que $\lambda > 1/2$, ce qui signifie que la ville polycentrique contient plus de la moitié des travailleurs. En utilisant les fonctions d'utilité indirecte, et en posant :

$$\delta_1 = -\varepsilon_1 \tau^2 + \varepsilon_2 \tau - \varepsilon_3 \frac{2t^2\phi}{3t\phi - k}$$

et

$$\delta_2 = \frac{1}{2}\left[\varepsilon_1 \tau^2 - \varepsilon_2 \tau + \varepsilon_3 t\left(1 - \frac{4K/L}{3t\phi - k}\right)\right]$$

la différence d'utilité est alors donnée par :

$$\Delta_{pm} V(\lambda) = \delta_1 \lambda + \delta_2 \tag{3.40}$$

A l'équilibre on a $\Delta_{pm} V(\lambda^*) = 0$. En conséquence, la répartition des travailleurs entre une ville monocentrique et une ville polycentrique est donnée par :

$$\lambda^*_{pm} = -\frac{\delta_2}{\delta_1}. \tag{3.41}$$

Il faut néanmoins vérifié que cette répartition soit bien comprise dans l'intervalle $(1/2, 1)$. Cela est le cas lorsque $\Delta_{pm} V(1/2)$ et $\Delta_{pm} V(1)$ sont de signes

opposés. De plus, il faut que $\Delta_{pm}V(1) < 0$ afin que $\Delta_{pm}V(\lambda)$ soit monotone décroissante ce qui implique la condition de stabilité ($\delta_1 < 0$) de l'équilibre. En conséquence, il faut donc que $\Delta_{pm}V(1/2) > 0$ ce qui est équivalent à $t > T_D$. La condition $\Delta_{pm}V(1) < 0$ correspond à :

$$-\varepsilon_1\tau^2 + \varepsilon_2\tau - \varepsilon_3\frac{t(t\phi + k + 4K/L)}{3t\phi - k} < 0,$$

ce qui équivaut à :

$$K > \bar{K} = \frac{L}{4}\left[\frac{(-\varepsilon_1\tau^2 + \varepsilon_2\tau)(3t\phi - k)}{\varepsilon_3 t} - t\phi - k\right].$$

On peut alors énoncer la proposition suivante :

Proposition 12 ***(Cavailhès et al. (2007))*** *:*
Si $t > T_D$ et $K > \bar{K}$, il existe un équilibre global stable dans lequel les travailleurs et les firmes se répartissent entre une grande ville polycentrique et une ville monocentrique plus petite.

Les deux villes sont polycentriques

Il reste à étudier le cas où les deux villes sont polycentriques ($t > \bar{t}_2$). En utilisant les fonctions d'utilité indirecte, et en posant :

$$\delta_{pp} = -\varepsilon_1\tau^2 + \varepsilon_2\tau - \varepsilon_3\frac{t(t\phi + k)}{3t\phi - k},$$

la différence d'utilité est alors :

$$\Delta_{pp}V\lambda = \delta_{pp}(\lambda - 1/2) \tag{3.42}$$

A l'équilibre on a $\Delta_{pp}V(\lambda^*) = 0$. En conséquence, la répartition des travailleurs entre les deux villes polycentriques est donnée par :

$$\lambda^*_{pp} = 1/2. \tag{3.43}$$

L'analyse est ensuite similaire à celle menée pour le cas où les deux villes sont monocentriques. La stabilité de l'équilibre est vérifiée lorsque $\delta_{pp} < 0$ soit lorsque $t > t_p$ avec t_p la solution la plus grande de $\delta_{pp} = 0$ car la solution la plus petite viole la condition $k < 3t\phi$. Ainsi, $\lambda^* = 1/2$ est un équilibre stable lorsque $t > T_D$ et $t > t_p$. Si $t < t_p$, la dispersion entre deux villes polycentriques identiques n'est pas un équilibre stable. Dans ce cas, si $t > T_A$ l'agglomération dans une seule ville polycentrique (la ville 1) est possible. Comme $\Delta_{pp}V(1) > 0$ lorsque $t < t_p$, $\lambda^* = 1$ est un équilibre stable tant que $\Delta_{pm}V(1) > 0$[10], ce qui est vérifié lorsque $K < \bar{K}$.

On peut résumer cela dans la proposition suivante :

Proposition 13 ***(Cavailhès et al. (2007))*** *:*
Si $t > T_A$ et $K < \bar{K}$, il existe un équilibre global stable dans lequel les travailleurs et les firmes s'agglomèrent dans une seule ville polycentrique. Si $t > T_D$ et $t > t_p$, il existe un équilibre global stable dans lequel les firmes et les travailleurs se répartissent entre deux villes polycentriques de même taille.

On constate que pour qu'un équilibre comportant deux villes polycentriques de même taille émerge, il faut que les coûts de transport soient élevés. Ceci est logique puisqu'on a vu que des coûts de transport élevés engendrent une diminution de la mobilité des travailleurs. Le polycentrisme, en scindant l'espace géographique, permet de compenser un coût de transport élevé puisque les distances à parcourir diminuent.

3.3.5 Analyse des résultats

On étudie dans cette section l'impact d'une modification des coûts de communications et de transport.

[10] Cette condition permet de vérifier qu'il n'est pas profitable à l'agglomération 2 de dévier en devenant une agglomération monocentrique.

On suppose en premier lieu que t est supérieur à t_p. Lorsque K est important, l'économie est constituée de deux villes monocentriques car les coûts de déplacements sont trop élevés pour permettre l'agglomération dans une seule ville. Lorsque K diminue suffisamment, il est possible d'obtenir un équilibre de dispersion entre deux villes polycentriques ou entre une ville polycentrique et une ville monocentrique. Dans ce dernier cas, plus K est faible, plus la ville polycentrique est importante.

On pose maintenant $t_m < t < t_p$. Une nouvelle fois, l'économie engendre deux villes monocentriques à l'équilibre lorsque K est grand. Lorsque K est faible, la ville 1 est polycentrique et croît progressivement au fur et à mesure que K diminue alors que la ville 2, qui est monocentrique, décline. Éventuellement, lorsque K est inférieur à $\bar{K}$, la ville 1 attire toutes les firmes et tous les travailleurs. Il y alors agglomération dans la ville 1 qui est polycentrique.

Dans le cas où $k/\phi < t < t_m$, pour de larges valeurs de K, on a à l'équilibre une seule ville monocentrique dans laquelle s'agglomère toute l'activité économique. Lorsque $t > T_A$ et $K < \bar{K}$ cette ville est polycentrique.

3.4 Différenciation des infrastructures et structuration de l'espace géographique

3.4.1 Motivation

On souhaite mettre en évidence l'importance des interactions entre les infrastructures de transport et de télécommunication dans la structuration et l'attractivité des territoires. La prise en compte de manière conjointe des deux types d'infrastructures peut permettre de mieux appréhender les effets structurant que lorsque l'on étudie de manière séparée les systèmes de transport et les réseaux de télécommunications. Lorsque l'on soulève la question de l'attractivité des territoires, on met généralement en évidence le fait que certains territoires se développent au détriment d'autres. Ceci est notamment du à des

caractéristiques initialement différentes. On souhaite donc étudier les mécanismes de structuration et d'attractivité lorsque deux territoires sont pourvus de manière inégale en infrastructures de transports et de télécommunications. Le modèle de Cavailhès, Gaigné, Tabuchi et Thisse (2007) présenté précédemment constitue un cadre important pour traiter la problématique soulevée dans ce chapitre. En effet, ce modèle montre bien comment la structure interne des villes est influencée par les coûts de transport mais ceux-ci sont identiques pour les deux villes en concurrence. Dès lors, si l'on suppose qu'une amélioration qualitative des infrastructures de transport contribue à faire baisser les coûts de transport[11], on ne peut discriminer les territoires par une amélioration qualitative des infrastructures car les deux territoires en bénéficieront de la même manière. Or, c'est bien cette notion de discrimination qui est en jeu dans la concurrence que se livrent les différentes métropoles pour attirer à elles les entreprises. C'est également le fait de pouvoir profiter de meilleures infrastructures de transport et de télécommunications à un endroit plutôt qu'à un autre qui peut constituer un critère de décision dans le choix de localisation des firmes. Pour prendre cela en considération, il faut permettre aux territoires modélisés d'être pourvus d'infrastructures de qualité différentes. De plus, dès lors que l'on s'interroge sur l'importance de l'interaction entre transport et télécommunication dans la structuration et l'attractivité des territoires, il faut pouvoir mettre en relation toutes ces composantes. Il est donc nécessaire de modifier le modèle cadre afin de bien répondre à la problématique. Même si la fonction de communication utilisé dans ce modèle constitue un apport important dans la littérature, il nous faut modifier si ce n'est sa forme, au moins son sens afin d'introduire plus clairement la notion même d'infrastructures de télécommunications qui ne transparaissait pas.

[11]Il faut noter ici qu'il ne s'agit pas de raisonner uniquement sur des coûts monétaires. Le coût de transport doit aussi rendre compte du temps passée à se déplacer, du confort, de la sécurité...

Parallèlement, cette différenciation nous permettra d'aller au delà des équilibres strictement symétriques et d'utiliser un cadre un peu plus général. Dans le modèle de base, seule la distribution égalitaire ($\lambda^* = 1/2$) constitue un équilibre de répartition lorsque les deux villes sont monocentriques ou polycentriques. La différenciation des infrastructures entre les deux zones géographiques peut remédier à ce problème. On montrera pour notre part que, lorsque deux territoires ont le même type de structure (monocentrique ou polycentrique), il est possible d'atteindre un équilibre où la répartition des activités économiques n'est pas égalitaire. L'amélioration des infrastructures de transport ou de télécommunication pourra ainsi permettre de dynamiser une région mais cela se fera en toute logique au détriment d'une autre.

On construit donc, à partir du modèle de Cavailhès et al. (2007) présenté dans la section précédente, un modèle permettant d'étudier comment se concurrencent deux agglomérations lorsqu'elles disposent d'infrastructures de qualités différentes. Ce modèle mettra également en avant la nécessité de prendre en compte la coexistence des infrastructures de transport et de télécommunication et les différences qualitatives des infrastructures entre les régions pour étudier l'attractivité territoriale. Dans ce modèle, les ménages et les firmes ont le choix de se localiser entre deux agglomérations. La structure interne (monocentrique ou polycentrique) des territoires est endogène.

3.4.2 Modélisation du rôle des infrastructures de transport et de télécommunication

L'espace

Dans notre modèle, on préfèrera utiliser les termes d'agglomérations, de territoires ou encore de zones géographiques que le terme de "villes" utilisé dans le modèle de base. Cette distinction n'est pas fondamentale du point de vue de la formalisation du modèle mais elle permet de justifier certaines hypothèses. Le fait de parler de villes comporte un risque de confusion quant à l'échelle

géographique des zones en question. Les travaux d'économie géographique traitant de cette problématique de monocentrisme ou de polycentrisme des zones géographiques utilisent souvent cette notion de "villes". Ceci n'est pas choquant si l'on considère que dans les villes en interactions les infrastructures sont globalement identiques au niveau qualitatif. De plus, la justifications des résultats se font généralement à partir d'études portant sur les grandes villes américaines qui peuvent s'étaler sur plusieurs dizaines de kilomètres.

C'est donc afin d'éviter de restreindre l'échelle géographique qu'on préfèrera utiliser les termes cités auparavant. Les exemples de structures urbaines de Lyon, Marseille et Lille cités auparavant sont d'ailleurs construits sur une échelle plus large que celle de la ville.

On considère donc une économie composée de deux agglomérations notées $r = 1, 2$, séparées par un espace physique donné. Tout comme dans le modèle de base, cette économie comporte un secteur d'activité et un facteur de production : le travail. Chaque agglomération comporte des firmes et des travailleurs. Elle est représentée par un espace unidimensionnel X. La structure de chaque agglomération suit la même définition que celle présentée pour les villes du modèle de base à savoir :

- il existe un centre d'emplois premier appelé CBD (pour central business district) localisé à l'origine $0 \in X$.
- il existe deux centres d'emplois seconds appelés SBD (pour second business district) localisés symétriquement de chaque côté du CBD en $x_r^S \in X$ et $-x_r^S \in X$.
- le reste de l'agglomération est constitué de zones résidentielles occupées par les travailleurs.

Chaque agglomération étant supposée avoir une structure interne parfaitement symétrique, on peut se focaliser sur le côté droit des territoires. Les CBD tout comme les SBD sont supposés sans dimension. Les firmes sont libres de se localiser dans un CBD ou dans un SBD. Néanmoins, certains services étant

présents uniquement dans le CBD, les firmes se localisant dans un SBD doivent supporter un coût de communication formé de deux composantes :

- le coût d'utilisation des systèmes de télécommunication présents dans les SBD de l'agglomération r noté K_r. Ce paramètre peut être vu comme un indicateur de la qualité des infrastructures de télécommunication dans les SBD (on suppose que les SBD d'une même agglomération dispose d'un K_r de valeur identique).[12] Plus K_r est élevé , plus la qualité des infrastructures de télécommunication est faible dans les SBD ce qui induit un coût supplémentaire (temps passé à communiquer plus élevé, probabilité de mécompréhension de l'information plus forte...). Lorsque $K_r = 0$, cela signifie que les SBD sont dotés des infrastructures de télécommunication les plus performantes. On fait par ailleurs l'hypothèse que les CBD sont pourvus des systèmes de télécommunication les plus performants existants ce qui permet de normalisé à zéro le coût d'utilisation des systèmes de télécommunication pour les firmes localisées dans un CBD. Le fait de ne pas utiliser le terme de ville mais plutôt des termes faisant référence à une échelle géographique plus grande est ici en partie justifié. L'idée de supposer une qualité différente des systèmes télécommunications entre deux zones dans la même ville paraîtrait absurde pour la majorité des villes françaises.
- le déplacement de certains employés de la firme vers le CBD car les communications entre CBD et SBD nécessitent également des relations face à face. Ces relations sont représentées par $t_r x_r^S$ où t_r est le coût de transport par unité de distance prévalant dans l'agglomération r. t_r est également un indicateur de la qualité des infrastructures de transport dans l'agglomération r. Plus le paramètre t_r est faible, plus l'infrastructure de

[12] L'hypothèse selon laquelle K_r est identique dans les deux SBD est posée afin de ne pas alourdir le modèle.

transport en r est performante.[13] On constate que cette composante du coût de communication est dépendante de la distance entre CBD et SBD.

Le coût de communication avec le CBD d'une firme localisée dans un SBD est donc donné par :

$$\kappa(x_r^S) = K_r + t_r x_r^S. \tag{3.44}$$

Les travailleurs, les firmes et la structure du marché

Sur ces différents points notre modèle est similaire à celui de Cavailhès et al. (2007)si ce n'est que l'on indice par r le paramètre t, puisque les infrastructures de transport sont maintenant différenciées entre les deux agglomérations et que la fonction de communication des firmes des centres d'emplois seconds est désormais donnée par (3.44). De plus, dans le souci de simplifier l'analyse, on fait l'hypothèse que le montant fixe d'unités de travail nécessaire pour produire n'importe quelle quantité $q(i)$ est supérieur ou égal à 1 ($\phi \geq 1$). Cette restriction supplémentaire n'est pas très contraignante et peut se justifier puisqu'elle implique juste que les firmes ont besoin d'au moins une unité complète de travail pour produire.

La contrainte budgétaire de l'individu résidant en $x \in X$ dans la ville r et travaillant dans le CBD correspondant va donc s'écrire de la manière suivante :

$$\int_0^n p_r(i)q(i)di + q_0 + R_r(x) + t_r x = w_r^C + \bar{q}_0. \tag{3.45}$$

La contrainte de budget des travailleurs du SBD s'obtient en remplaçant w_r^C par w_r^S et $t_r x$ par $t_r|x - x_r^S|$.

Les fonctions d'utilité et de profit ainsi que les quantités et les prix d'équilibre sont les mêmes que celles présentées dans le modèle de base.

[13] On suppose par rapport au modèle de base que le paramètre de transport est le même pour les travailleurs qu'ils se déplacent pour rejoindre leur travail ou dans le cadre de leur travail ($k = t$).

3.4.3 Décentralisation à l'intérieur d'une agglomération

Rentes foncières, salaires et lieu de travail

La construction de la rente foncière dans notre modèle est identique à celle effectuée dans le modèle de base. Seul le paramètre t est désormais indicé (t devient t_r).

Salaires d'équilibre et structure de l'agglomération

La détermination des salaires d'équilibre se fait de la même manière que dans le modèle de Cavailhès et al. (2007). Les fonctions (3.27) et (3.28) constituent toujours les fonctions de salaires d'équilibre. Il faut néanmoins utiliser désormais la fonction de communication donnée par (3.44) et non plus celle définie en (3.1).

On peut alors trouver la part des firmes localisées dans le CBD qui est désormais donnée par :

$$\theta_r = \frac{4K_r + (\phi+1)t_r\lambda_r L}{(3\phi-1)t_r\lambda_r L} > \frac{1}{3}.$$

Soit à l'équilibre :

$$\theta_r^* = \min\left\{1,\ \frac{4K_r + (\phi+1)t_r\lambda_r L}{(3\phi-1)t_r\lambda_r L}\right\}. \tag{3.46}$$

Tout comme dans le modèle de base, lorsque $\theta_r^* < 1$, une hausse de la taille de la population de r entraîne une augmentation de la taille absolue du CBD mais une diminution de sa taille relative. Il faut d'ailleurs noter que dans notre modèle comme dans celui de Cavailhès et al. (2007) un accroissement de la taille de la population entraîne mécaniquement une hausse de la taille de la zone géographique concernée. Dès lors, on peut dire que les SBD se renforcent avec le développement de la taille du territoire. Ceci est en accord avec les travaux de McMillen et Smith (2003) sur données américaines. Ces

derniers montrent en effet qu'une très grande ville aura de plus fortes chances de voir se développer fortement des centres secondaires. Les deux plus grandes métropoles américaines, à savoir New York et Los Angeles, sont celles qui ont le plus de centres secondaires avec respectivement 28 et 46 pôles. Notre modèle se restreint à l'existence de seulement deux SBD mais ceux-ci se développent au fur et à mesure que l'agglomération s'étend ce qui correspond bien à des faits stylisés. Cette relation entre la taille d'un territoire et le développement de centres secondaires s'explique en partie par l'importance des coûts urbains lorsque les distances intra-urbaines sont importantes. Sasaki (1990) précise d'ailleurs que la taille optimale d'une ville peut-être repoussée en multipliant les centres secondaires.

De plus on constate que les infrastructures de transport et de télécommunications constituent deux leviers important de structuration du territoire. En effet, tant que $\theta_r^* < 1$, une amélioration de la qualité des infrastructures de transport dans l'agglomération r (baisse de t_r) entraîne un renforcement du centre d'emplois premier alors qu'une amélioration des infrastructures de télécommunication dans les centres d'emplois seconds en r (baisse de K_r) entraînent un renforcement de ceux-ci. On peut vérifier qu'une agglomération r est monocentrique ($\theta_r \geq 1$) si et seulement si :

$$t_r \leq \frac{2K_r}{(\phi - 1)\lambda_r L}. \tag{3.47}$$

Proposition 14 *:*

Une agglomération r est monocentrique si et seulement si $t_r \leq 2K_r/(\phi-1)\lambda_r L$. Sinon elle est polycentrique.

Cette relation montre bien qu'une agglomération a plus de chance d'être polycentrique si les infrastructures de transport sont de qualité insuffisante (t_r

fort) ou si les infrastructures de télécommunications sont de très bonne qualité (K_r faible).

3.4.4 Système urbain et commerce entre agglomérations

On reprend la méthode utilisée dans le modèle de base. Les fonctions d'utilité indirectes sont toujours données par (3.33) et (3.34). Il faut néanmoins faire attention dans le calcul des différents équilibres qui vont suivre de bien indicer par r le paramètre t et de prendre la fonction de communication donnée par (3.44) et non plus par (3.1). Avec la différenciation des infrastructures entre les agglomérations les coûts urbains donnés par les équations (3.31) et (3.32) dans le modèle de Cavailhès et al. (2007) deviennent :

$$C_r^C = R_r(x) + t_r x = t_r \frac{\theta_r \lambda_r L}{2} \tag{3.48}$$

On constate que ce coût urbain supporté par les travailleurs du CBD de r augmente lorsque le nombre de travailleurs dans l'agglomération r augmente et lorsque la taille relative du CBD croît. En revanche, une hausse de la qualité des infrastructures de transport (baisse de t_r) permet de diminuer C_r^C. Une grande agglomération monocentrique ($\theta_r^* = 1$) verra ses travailleurs s'installer sur une zone résidentielle de plus en plus étalée entrainant ainsi l'émergence de grandes banlieues dortoirs. Les coûts urbains, du fait de l'accroissement de la distance entre lieu de travail et lieu de résidence, seront alors de plus en plus élevés. Plus cette agglomération monocentrique se développera économiquement en attirant un grand nombre de firmes et de travailleurs et plus les coûts urbains seront forts du fait d'un phénomène d'engorgement au niveau du parc foncier[14] contraignant les travailleurs à vivre de plus en plus loin du centre. Dans le modèle, une agglomération monocentrique entraîne des coûts urbains trois fois plus élevés qu'une agglomération polycentrique composée de trois

[14]Empiriquement, on constate aussi que le développement économique, du fait de la hausse de la population, entraîne une envolée des prix du foncier sous la pression de l'offre.

centres d'emplois de même taille. Favoriser l'émergence de centres d'emplois secondaires semble donc être une stratégie intéressante pour soutenir l'attractivité d'un territoire.

$$C_r^S = R_r(x) + t_r|x_r^S - x| = t_r\frac{(1-\theta_r)\lambda_r L}{4}. \tag{3.49}$$

On voit que les coûts urbains supportés par les travailleurs des SBD de r augmentent lorsque les centres secondaires se renforcent. Lorsque la population croît dans l'agglomération, ces coûts urbains deviennent plus élevés (comme pour les travailleurs du CBD comme on l'a vu précédemment).

Comme dans le modèle de base et toujours dans un souci d'alléger les notations on prend le parti de noter, à partir d'ici, λ la part des travailleurs vivant dans l'agglomération 1. La part des travailleurs de l'agglomération 2 est donc toujours donnée par $1-\lambda$.

Afin de déterminer les différentes configurations possibles, on définit deux valeurs critiques à partir de l'équation (3.47) :

$$\tilde{t}_1(\lambda) = \frac{2K_1}{(\phi-1)\lambda L} \tag{3.50}$$

et

$$\tilde{t}_2(\lambda) = \frac{2K_2}{(\phi-1)(1-\lambda)L}. \tag{3.51}$$

A travers ces valeurs critiques on constate qu'on ne peut pas prendre en compte une seule infrastructure dans la compréhension des effets structurants.

En utilisant la Proposition 14, on voit apparaître quatre configurations possibles :

– si $t_1 \leq \tilde{t}_1(\lambda)$ et $t_2 \leq \tilde{t}_2(\lambda)$, alors les deux agglomérations sont monocentriques,

- si $t_1 \leq \tilde{t}_1(\lambda)$ et $t_2 > \tilde{t}_2(\lambda)$, alors l'agglomération 1 est monocentrique et l'agglomération 2 est polycentrique,
- si $t_1 > \tilde{t}_1(\lambda)$ et $t_2 \leq \tilde{t}_2(\lambda)$, alors l'agglomération 1 est polycentrique et l'agglomération 2 est monocentrique,
- si $t_1 > \tilde{t}_1(\lambda)$ et $t_2 > \tilde{t}_2(\lambda)$, alors les deux agglomérations sont polycentriques.

Les conséquences d'une amélioration d'une infrastructure sur la structure interne de l'agglomération seront définies par la relation existant entre les deux types d'infrastructure. Supposons par exemple que l'agglomération 1 soit monocentrique et pourvue d'un système de transport de pointe (t_1 très faible). Les pouvoirs publics décident d'améliorer les infrastructures de télécommunications dans les zones en périphérie du centre. Ces zones font partie de l'agglomération 1 et constituent des centres secondaires potentiels. En améliorant les systèmes de télécommunication en périphérie du centre, le paramètre K_1 diminue ce qui entraine une baisse de la valeur critique. Néanmoins, comme les moyens de transport sont extrêmement performant, on constate qu'il est fortement probable que l'amélioration des systèmes de télécommunications ne soit pas suffisante pour permettre l'apparition de centres seconds. On voit bien que les politiques d'investissement en infrastructures ont un effet structurant mais que cet effet est régi par une relation forte entre transport et télécommunications et qu'il dépend fortement du niveau initial de dotation en infrastructures. Le seul fait de créer une autoroute ou de mettre en œuvre une politique d'accès au très haut débit n'est pas structurant. Les critiques sur le lien mécaniste entre le fait d'investir dans la construction d'infrastructures et l'attractivité des territoires ne sont donc pas sans fondement. Pour éviter cette vision trop déterministe, il faut bien voir que les régions sont pourvues de structures (ne serait ce que par la contrainte du relief ou d'autres éléments topologiques naturels) initialement différentes et d'infrastructures de qualité variables. L'impact économique des infrastructures doit être appréhender en

prenant cela en compte. On verra par ailleurs,que la structure interne d'un espace géographique joue un rôle dans l'attractivité.

On va maintenant étudier les configurations où les deux agglomérations ont une structure interne identique (monocentrique ou polycentrique) ainsi que le cas où l'agglomération 1 est polycentrique et l'agglomération 2 est monocentrique (le cas inverse peut être retrouvé en inversant les indices). Les preuves des résultats exposés dans les différents cas sont effectuées dans l'annexe.

Les deux agglomérations sont monocentriques

On suppose que $t_1 \leq \tilde{t}_1(\lambda)$ et que $t_2 \leq \tilde{t}_2(\lambda)$ de sorte que les deux villes soient monocentriques On a alors $\theta_r^* = 1$ pour tout $\lambda \in [0, 1]$. On cherche la répartition des travailleurs à l'équilibre (et donc celle des entreprises). En utilisant la fonction d'utilité indirecte donnée par l'équation (3.33) et en résolvant $\Delta_{mm} V(\lambda_{mm}^*) = 0$, on obtient la répartition d'équilibre suivante :

$$\lambda_{mm}^* = \frac{\varepsilon_1 \tau^2 - \varepsilon_2 \tau + \varepsilon_3 t_2}{2\varepsilon_1 \tau^2 - 2\varepsilon_2 \tau + \varepsilon_3 (t_1 + t_2)} \tag{3.52}$$

où ε_1, ε_2 et ε_3 sont toujours donnés par (3.37).

Cet équilibre de répartition est stable si $\partial \Delta_{mm} V(\lambda_{mm}^*)/\partial \lambda_{mm}^* < 0$, ce qui est le cas lorsque $t_1 + t_2 > t_m$ avec :

$$t_m = \frac{2\tau(\varepsilon_2 - \varepsilon_1 \tau)}{\varepsilon_3}.$$

On pose $T_M = t_m/2$.

Afin que l'équilibre soit dans l'intervalle d'existence, il faut s'assurer que $\lambda_{mm}^* \in [0, 1]$. Cette propriété nous permet d'obtenir deux nouvelles conditions :

– d'une part, $\lambda_{mm}^* > 0$ si $t_2 > T_M$,

– d'autre part, $\lambda_{mm}^* < 1$ si $t_1 > T_M$

On constate que lorsque $t_1 > T_M$ et $t_2 > T_M$, la condition de stabilité est remplie. De plus, contrairement au modèle de Cavailhès et al. (2007), toutes les

répartitions possibles sont atteignables à l'équilibre. Deux agglomérations de structure interne identique peuvent se développer différemment. Le territoire ayant les infrastructures de transport les plus performantes captera la majorité des acteurs économiques.

Proposition 15 *:*

Si $T_M < t_1 < \tilde{t}_1(\lambda^*_{mm})$ *et* $T_M < t_2 < \tilde{t}_2(\lambda^*_{mm})$*, alors il existe un équilibre global stable où les firmes et les travailleurs sont dispersés dans deux agglomérations monocentriques. Toutes les configurations de répartition possibles sont atteignables.*

Lorsqu'une agglomération voit ses infrastructures de transport améliorées, elle capte une partie supplémentaire de l'activité économique au détriment de l'agglomération concurrente ($\partial\lambda^*_{rmm}/\partial t_r < 0, r = 1, 2$). De plus lorsque le coût d'exportation augmente, la répartition des travailleurs (et mécaniquement celle des firmes de par la construction du modèle) va se modifier au profit du territoire ayant le coût de transport le plus faible (qui est par ailleurs le plus peuplé). Ce dernier point peut aisément s'expliquer à travers la discrimination spatial des prix. Les biens du marché local étant moins chers que ceux importés de l'agglomération concurrente et les prix des biens importés augmentant avec le coût d'exportation, les travailleurs qui sont également les consommateurs ont tout intérêt à se localiser dans le territoire produisant le plus de variétés. Ce mécanisme donne un avantage certain à l'agglomération ayant l'activité économique la plus importante. Concrètement, dans le cadre des deux agglomérations monocentriques en concurrence, chaque territoire a donc intérêt à développer la qualité de ses infrastructures de transport. Parallèlement, si l'on suppose qu'il existe une infrastructure soutenant les échanges de marchandises inter-territoriaux et qu'une amélioration de cette infrastructure, permettant une diminution des coûts d'exportation, est le fruit d'une coopération entre les deux agglomérations concurrentes alors on constate une divergence d'intérêt.

Si le but recherché d'un territoire est de contenir la plus grande part de l'activité économique, alors, l'agglomération ayant la part de firmes la plus faible aimerait développer les infrastructures la reliant à sa concurrente alors que l'agglomération ayant la plus grande part des firmes n'a pas intérêt à le faire.

L'agglomération 1 est polycentrique et l'agglomération 2 est monocentrique

On s'intéresse maintenant au cas où les agglomérations ont des structures internes différentes. On traite la configuration où l'agglomération 1 est polycentrique et l'agglomération 2 monocentrique. Le cas où c'est le territoire 1 qui est monocentrique et le territoire 2 qui est polycentrique peut être retrouvé en inversant les indices. On suppose que $t_1 > \tilde{t}_1(\lambda)$ et $t_2 \leq \tilde{t}_2(\lambda)$. On cherche la répartition des travailleurs à l'équilibre. En utilisant la fonction d'utilité indirecte donnée par l'équation (3.33) et en résolvant $\Delta_{pm}V(\lambda^*_{pm}) = 0$, on obtient la répartition d'équilibre suivante :

$$\lambda^*_{pm} = \frac{L\tau(\varepsilon_1\tau - \varepsilon_2)(3\phi - 1) + \varepsilon_3(t_2 L(3\phi - 1) - 4K_1)}{L\left(2\tau(3\phi - 1)(\varepsilon_1\tau - \varepsilon_2) + \varepsilon_3(3\phi t_2 + \phi t_1 + t_1 - t_2)\right)} \tag{3.53}$$

Cet équilibre de répartition est stable si $\partial\Delta_{pm}V(\lambda^*_{pm})/\partial\lambda^*_{pm} < 0$, ce qui est le cas lorsque $t_1 > t_{pm}$ avec :

$$t_{pm} = -\frac{(3\phi - 1)(2\varepsilon_1\tau^2 - 2\varepsilon_2\tau + \varepsilon_3 t_2)}{\varepsilon_3(\phi + 1)}$$

Comme dans le cas précédent, il faut que $\lambda^*_{pm} \in [0,\, 1]$. Ceci nous permet d'obtenir les deux conditions suivantes :

– d'une part, $\lambda^*_{pm} > 0$ si $t_2 > T_{2pm}$ avec :

$$T_{2pm} = \frac{L\tau(\varepsilon_2 - \varepsilon_1\tau)(3\phi - 1) + 4\varepsilon_3 K_1}{\varepsilon_3 L(3\phi - 1)}$$

– d'autre part, $\lambda^*_{pm} < 1$ si $t_1 > T_{1pm}$ avec :

$$T_{1pm} = \frac{L\tau(\varepsilon_2 - \varepsilon_1\tau)(3\phi - 1) - 4\varepsilon_3 K_1}{\varepsilon_3 L(\phi + 1)}$$

Proposition 16 *:*
Si $T_{2pm} < t_2 < \tilde{t}_2(\lambda^*_{pm})$ *et* $t_1 > \max\{\tilde{t}_1(\lambda^*_{pm}), T_{1pm}, t_{pm}\}$*, alors il existe un équilibre global stable où les firmes et les travailleurs se répartissent entre une agglomération polycentrique et une agglomération monocentrique.*

De la même façon que dans le cas où les deux territoires sont monocentriques, lorsqu'une agglomération voit ses infrastructures de transport améliorées, elle capte une partie supplémentaire de l'activité économique au détriment de l'agglomération concurrente. De plus, lorsque l'agglomération 1 augmente la qualité de ses infrastructures de télécommunication dans ses SBD, la part des travailleurs et des firmes dans le territoire 1 augmente également au détriment du territoire 2.

Les deux agglomérations sont polycentriques

On suppose que $t_1 > \tilde{t}_1(\lambda)$ et que $t_2 > \tilde{t}_2(\lambda)$ de sorte que les deux villes soient polycentriques On a alors $\theta^*_r < 1$ pour tout $\lambda \in [0, 1]$. On cherche la répartition des travailleurs à l'équilibre (et donc celle des entreprises). En utilisant la fonction d'utilité indirecte donnée par l'équation (3.33) et en résolvant $\Delta_{pp} V(\lambda^*_{pp}) = 0$, on obtient la répartition d'équilibre suivante :

$$\lambda^*_{pp} = \frac{L\tau(3\phi - 1)(\varepsilon_1\tau - \varepsilon_2) + \varepsilon_3(4K_2 - 4K_1 + t_2 L(\phi + 1))}{L\left(2\tau(3\phi - 1)(\varepsilon_1\tau - \varepsilon_2) + \varepsilon_3(1 + \phi)(t_2 + t_1)\right)}. \tag{3.54}$$

Cet équilibre de répartition est stable si $\partial\Delta_{pp}V(\lambda^*_{pp})/\partial\lambda^*_{pp} < 0$, ce qui est le cas lorsque $t_1 + t_2 > t_{pp}$ avec :

$$t_{pp} = \frac{2\tau(3\phi - 1)(\varepsilon_2 - \varepsilon_1\tau)}{\varepsilon_3(\phi + 1)}.$$

Il faut de plus que $\lambda^*_{pp} \in [0,\, 1]$. Ceci nous permet d'obtenir les deux conditions suivantes :

– d'une part, $\lambda^*_{pp} > 0$ si $t_2 > T_{2pp}$ avec :

$$T_{2pp} = \frac{L\tau(\varepsilon_2 - \varepsilon_1\tau)(3\phi - 1) + 4\varepsilon_3(K_1 - K_2)}{\varepsilon_3 L(\phi + 1)}$$

– d'autre part, $\lambda^*_{pp} < 1$ si $t_1 > T_{1pp}$ avec :

$$T_{1pp} = \frac{L\tau(\varepsilon_2 - \varepsilon_1\tau)(3\phi - 1) - 4\varepsilon_3(K_1 - K_2)}{\varepsilon_3 L(\phi + 1)}$$

On constate que les conditions nécessaires pour que $0 < \lambda^*_{pp} < 1$ impliquent la condition de stabilité.

Proposition 17 *:*
Si $t_1 > \max\{\tilde{t}_1(\lambda^*_{pp}), T_{1pp}\}$ *et* $t_2 > \max\{\tilde{t}_2(\lambda^*_{pp}), T_{2pp}\}$*, alors il existe un équilibre global stable où les firmes se répartissent entre deux agglomérations polycentriques. Toutes les configurations de répartition possibles sont atteignables.*

On note une nouvelle fois qu'une hausse qualitative des infrastructures de transport ou de télécommunication dans l'agglomération r (baisse de t_r ou de K_r) entraîne un déplacement de l'activité économique vers r au détriment du territoire concurrent. Par ailleurs, cette amélioration des infrastructures en r va avoir un effet sur la structure interne de l'agglomération. Si l'amélioration porte sur les transports alors le centre d'emploi premier va avoir tendance à se renforcer ce qui se caractérisera par un étalement des zones résidentielles

autour du centre. En effet, le nombre de travailleurs augmentant en r et les infrastructures de transport devenant plus performantes, les travailleurs peuvent supporter le fait de travailler dans le CBD malgré un lieu d'habitation plus éloigné. Inversement, une amélioration des infrastructures de télécommunications dans les centres d'emplois seconds va entraîner un renforcement de ces derniers puisqu'il devient alors moins coûteux pour les firmes de communiquer avec le centre.[15]

Analyses des résultats

On a montré que le fait de différencier les infrastructures entre les territoires, c'est à dire de supposer que deux zones géographiques peuvent être pourvues d'infrastructures de qualités différentes, permet d'atteindre toutes les répartitions possibles à l'équilibre et ce pour toutes les configurations. En modifiant la qualité de ses infrastructures, une collectivité locale peut ainsi modifier la répartition des activités productives et développer son territoire au dépend de ses concurrents. Cela confirme le fait que le développement des infrastructures a un effet positif sur l'attractivité d'un territoire. Néanmoins, si les investissements effectués pour améliorer ses systèmes de transport et de télécommunications sont dans l'ensemble positifs pour une agglomération, les pouvoirs publics doivent prendre fortement en compte la qualité infrastructurelle des régions alentour. Face à un territoire pourvu des meilleurs systèmes de transport et de télécommunications il sera difficile de devenir beaucoup plus attractif si l'on est pas déjà soi même doté d'un niveau infrastructurel minimal. De plus, c'est bien la relation entre la qualité des transports et des télécommunications qui définissent la forme urbaine d'un territoire. Améliorer les systèmes de télécommunications ne suffit pas à faire passer une agglomération d'une structure monocentrique à une structure polycentrique : il faut

[15]Cet effet est d'ailleurs renforcé mécaniquement par le rapprochement des SBD et du CBD lorsque les SBD contiennent une part plus importante de firmes.

que cette amélioration soit suffisamment forte étant donné la qualité des infrastructures de transport existantes.

3.5 Conclusion

Dans ce chapitre on a souhaité mettre en évidence l'importance de prise en compte, de manière conjointe, des transports et des télécommunications dans la structuration et l'attractivité des territoires.

Pour cela, nous avons suivi l'évolution de la littérature portant sur la structure urbaine (monocentrique ou polycentrique) des territoires. Ceci nous a permis de comprendre le rôle décisif accordé aux transports dans l'émergence d'une structure urbaine. En effet, le paramètre de coût de transport que l'on retrouve dans les modèles issus de cette littérature est déterminant : dès lors que les déplacements deviennent trop "coûteux" [16], l'émergence d'une structure polycentrique, qui permet de scinder les distances devient probable. Des systèmes de transports fortement performants encourageraient donc une certaine forme de centralisation alors que l'existence d'infrastructures de transport de faible qualité aboutirait au développement de territoires fortement polycentriques.

Parallèlement, à cette thématique vont se développer des modèles prenant à la fois en compte les questions de structuration urbaine et d'attractivité territoriale. Les transports vont une nouvelle fois se trouver au centre de la réflexion.

Ce qui nous interpelle de nouveau c'est que, bien que cette littérature soit récente, les télécommunications ne soient pas prises en compte comme un facteur de structuration ou d'attractivité.

Dans notre démarche d'intégrer les télécommunications en plus des transports au centre de cette problématique, le modèle de Cavailhès et al. constitue un cadre important. En effet, il étudie à la fois la question de l'émergence

[16] Comme nous l'avons déjà précisé, dans cette littérature, le terme "coûteux" ne renvoie pas à une idée de coût monétaire mais à une notion de difficulté à se déplacer qui peut être liée, par exemple, à la présence d'infrastructures de transports de faible qualité.

des structures urbaines et la concurrence entre les territoires mais surtout il introduit l'idée primordiale que les firmes établies dans les centres d'emplois seconds (SBD) doivent entretenir des relations avec le centre d'emploi premier (CBD). Ceci est justifié par le fait que les SBD ne disposent pas de l'intégralité des services présents dans le CBD. On peut en particulier penser à des services administratifs comme une préfecture.

On pourrait également supposer, pour reprendre les notions de coopération décrits dans le Chapitre 2, que les firmes des SBD doivent entretenir des relations avec les firmes du CBD elles-mêmes. Les firmes du CBD bénéficiant de la proximité de tous les types de services ces dernières auraient une facilité à maintenir plus facilement un niveau qualitatif à leur production. Les firmes des SBD devraient alors rester régulièrement en contact avec celles-ci pour atteindre le même niveau de qualité.

C'est à partir de cette nécessité pour les firmes des SBD d'être en relation avec le CBD ,voire même avec les firmes du CBD que nous avons pu introduire l'existence conjointe des deux modalités de communication que sont les rencontres face-à-face, présupposant un déplacement préalable, et les télécommunications. L'existence d'une certaine forme de concurrence territoriale est arbitrée par une différenciation territoriale qualitative des infrastructures de transports et de télécommunications.

Dans notre modèle on met en évidence le fait que la structure d'un territoire dépend de la qualité des infrastructures de télécommunications relativement aux infrastructures de transports. Par ailleurs, on peut voir que le développement de la qualité des infrastructures est globalement positif en termes d'attractivité. Néanmoins, l'efficacité du développement d'un type d'infrastructure au sein d'un territoire reste dépendante de la situation initiale de ce territoire ainsi que du niveau de développement des territoires concurrents.

A partir du moment où l'on intègre les télécommunications dans un modèle de ce type, dans lequel la localisation des ménages est déterminée par la

distance entre domicile et lieu de travail on peut se poser la question d'une modification éventuelle de l'organisation du travail. En particulier, on peut penser à la possibilité de la mise en place d'une organisation plus souple grâce aux TIC. Le télétravail devient donc un enjeu lorsque que l'on étudie le triptyque Transports - Télécommunications - Territoires. C'est ce que nous allons voir dans le chapitre suivant.

3.6 Annexe

3.6.1 Compléments sur le modèle de Cavailhès et al.

Calcul de la fonction de demande

L'utilité du consommateur représentatif s'écrit :

$$U(q_0; q(i)) = \alpha \int_0^n q(i)di - \frac{\beta - \gamma}{2} \int_0^n [q(i)]^2 di - \frac{\gamma}{2} \left[\int_0^n q(i)di \right]^2 + q_0$$

avec la contrainte de budget :

$$\int_0^n p(i)q(i)di + q_0 + R(x) + tx = w + \bar{q}_0$$

La maximisation de l'utilité sous contrainte de budget nous donne :

$$\frac{\partial U}{\partial q(i)} = \alpha - (\beta - \gamma)q(i) - \gamma \int_0^n q(i)di - p(i) = 0$$

Soit, la fonction de demande indirecte suivante :

$$p(i) = \alpha - (\beta - \gamma)q(i) - \gamma \int_0^n q(i)di$$

En sommant sur toutes les variétés, on trouve :

$$\int_0^n p(i)di = n(\alpha - \gamma \int_0^n q(i)di) - (\beta - \gamma) \int_0^n q(i)di$$

On a alors :

$$\int_0^n q(i)di = \frac{\alpha n - \int_0^n p(i)di}{\beta + (n-1)\gamma}$$

En reportant cette valeur dans l'expression de la demande indirecte on obtient :

$$q(i) = \frac{\alpha}{\beta + (n-1)\gamma} - \frac{p(i)}{\beta - \gamma} + \frac{\gamma \int_0^n p(i)di}{(\beta - \gamma)(\beta + (n-1)\gamma)}$$

Cette expression est équivalente à celle donnée en (3.6)

Définition de la rente foncière

$x_r^S = \theta_r \lambda_r L/2 + (1 - \theta_r)\lambda_r L/4$ soit :

$$x_r^S = \frac{(1 + \theta_r)\lambda_r L}{4}.$$

Chapitre 4

Transports et Télécommunications : L'avènement du télétravail ?

Sommaire

4.1 Introduction 151
4.2 Transports, télécommunications et réorganisations du travail 153
4.2.1 Le télétravail face à la notion de proximité 153
4.2.2 L'enchaînement TIC-Télétravail-Transport 158
4.2.3 Mise en place diffusion du télétravail 164
4.3 Formalisation du télétravail dans la théorie économique . . . 170
4.3.1 Un concept surtout étudié dans la théorie des contrats 170
4.3.2 Modélisation du concept de télétravail dans un cadre d'économie géographique 180
4.4 Conclusion 193
4.5 Annexes 195
4.5.1 Compléments à la présentation du modèle de Gao et Hitt 195

4.1 Introduction

Le télétravail est un concept qu'il est important d'étudier dans le cadre des interactions entre transports et télécommunications. Cette nouvelle organisation du travail rendue possible grâce aux nouvelles techniques de l'information et des communications (NTIC) fait l'objet de nombreuses études et véhicule énormément d'espoir tant pour les individus que pour les pouvoirs publics.

Dans les années 70, les pouvoirs publics français considèrent que la promotion du télétravail pourrait permettre de lutter contre l'enclavement des zones rurales et contre les nuisances croissantes affectant les zones urbaines. Cette nouvelle organisation du travail constituerait alors un outil intéressant dans les politiques d'aménagement du territoire. Cette facette du télétravail, est de nos jours plus contrastée mais n'a pas totalement disparue. Le Centre Européen de Ressources sur les Reconversions et les Mutations (CERRM) à ainsi lancé en 1997 des expérimentations de décentralisation basées sur le télétravail. La DIACT[1] a également fait la promotion du télétravail comme moyen de développement des régions faiblement peuplées et économiquement en retard.

Les premiers écrits concernant le télétravail apparaissent dans les années 70 avec la mise en place du réseau Arpanet aux Etats-Unis. Les auteurs imaginent alors la possibilité d'une organisation du travail permettant de se dégager des contraintes géographiques en utilisant les réseaux de télécommunications. L'émergence du concept de *telecommuting* (appelé parfois en français "télépendulaire") est, quant à elle, due à Nilles (1975) et désigne le travail à distance se substituant aux déplacements quotidiens domicile-travail. Il trouve son fondement dans l'idée que les télécommunications vont peu à peu remplacer les transports. Au fil des années, le télétravail s'est vu attribuer de nombreuses vertus potentielles : solution à la congestion des villes, augmentation de la productivité des travailleurs, possibilités pour les employés de vivre dans un

[1] Appelée DATAR à l'époque.

cadre plus agréable... Jancovici (2000) présente ainsi quatre objectifs majeurs que permettrait d'atteindre la mise en place du télétravail :

- Diminuer de manière significative les déplacements entre le domicile et le lieu de travail.
- Diminuer les surfaces de bureau et de parking dans les zones métropolitaines.
- Réduire la congestion et la pollution dans les villes.
- Accroître la qualité de vie des salariés (moins de stress dans les transports, plus de vie de famille...).

Ces effets bénéfiques potentiels peuvent expliquer qu'un nombre croissant de travailleurs se déclarent intéressés par le télétravail d'après l'étude faite par Randstad (2001).

Il faut néanmoins tempérer cette vision quasi idyllique du télétravail. Les différents auteurs sont en général plus prudents dans leurs discours sur les potentialités du télétravail. Certains sont même assez critiques. Par exemple, Cooper et Kurland (2002) montrent que le télétravail peut engendrer des problèmes d'isolement social et de marginalisation pour les employés. De plus, si l'on considère le télétravail off-shore, c'est à dire une délocalisation de certaines activités dans les pays à main d'œuvre bon marché, le télétravail devient une cause de chômage. Schneider et Rosensohn (1997) vont même pousser le raisonnement plus loin en argumentant que le travail à distance pourrait induire à terme une baisse de la superficie des bureaux ce qui affecterait négativement l'activité des entreprises du bâtiment et des fournitures de bureaux.

On va tout d'abord présenté le concept de télétravail qui est souvent difficile à appréhender car ayant de multiples facettes. La notion de proximité et le rôle des systèmes de télécommunications est au centre de ce phénomène. Puis on s'intéressera au triptyque TIC-Télétravail-Transport et aux différents effets

attendus du développement du travail à distance avant de présenter différentes études empiriques menées sur ce sujet. On s'attardera dans une seconde section sur le concept de télétravail en économie théorique en montrant que ce concept peut être introduit dans les modèles d'économie géographique. On développera pour cela un modèle urbain permettant aux travailleurs de choisir entre une organisation du travail que l'on qualifiera de "classique" et une organisation permettant d'effectuer en partie le travail à domicile.

4.2 Transports, télécommunications et réorganisations du travail

4.2.1 Le télétravail face à la notion de proximité

Dès lors que l'on parle de télétravail on introduit une notion de distance qui est centrale. Les impacts spatiaux potentiels du télétravail ont fait l'objet de nombreuses études depuis près de trente ans. Le développement du télétravail permettrait en particulier d'éviter, au moins en partie, les déplacements quotidiens entre domicile et lieu de travail. Néanmoins, l'appréhension de ce phénomène n'est pas aussi aisé qu'il y paraît et nécessite de bien s'approprier le concept même de télétravail ainsi que tout ce qui s'y raccroche.

Définition du télétravail

Pour commencer, il faut définir ce qui se cache derrière la notion de télétravail. Les écarts constatés dans les différentes mesures du nombre de télétravailleurs résident notamment dans l'imprécision de la notion même de télétravail. Les études sur le télétravail se heurtent à l'absence d'une définition consensuelle permettant à la fois de mieux cerner l'objet même de l'étude et d'éviter la confusion des discours (Mokhtarian et al. 2005). Ainsi, plusieurs études, principalement aux Etats-Unis, circonscrivent le champ d'étude du télétravail au concept de "telecommuting". Pour faire simple, le télétravail est toujours défini via deux concept centraux : la distance et l'usage des NTIC.

Largier (2001)explique ainsi que : *"le télétravail est toujours une situation dans laquelle un individu effectue une activité à distance du lieu considéré comme "normal" dans le cadre de sa tâche, tout en utilisant les NTIC pour créer ou maintenir des contacts."*

Si l'on suit l'analyse de Rallet et Burmeister (2002), il existe quatre grandes formes de télétravail :

- **La délocalisation d'activités à l'étranger (ou télétravail offshore).**
  Il ne s'agit pas ici d'une logique d'économies de déplacements mais de délocalisation d'une activité, en particulier les activités de services, afin de bénéficier de coûts salariaux plus faibles. Le développement des NTIC permettant d'échanger à distance un grand nombre d'informations, il est alors possible d'établir dans des pays à faibles salaires, les activités consistant à traiter de l'information. Cela fut, dans les années 90, la cause d'une certaine méfiance vis à vis des télécommunications, non pas en tant que système de diffusion d'informations mais en tant que vecteur potentiel de délocalisation entraînant des problèmes de chômage dans les pays occidentaux. Parallèlement, les territoires les moins avancés pouvaient alors espérer accueillir certains secteurs d'activités. Ce fut le cas de l'Irlande où s'installèrent un nombre important de call centers. Le télétravail offshore semble se limiter à des activités nécessitant des travailleurs faiblement qualifiés, les activités à haute valeur ajoutée étant, en général, difficiles à délocaliser.
  Ce type de télétravail constitue un exemple fréquemment mobilisé pour illustrer les dangers, souvent surestimés, d'une réorganisation du monde du travail autour des NTIC.

- **Les téléservices.**

Il s'agit de services pouvant être offerts à distance. La télésurveillance et le téléachat constituent de bons exemples de téléservices. Il faut noter que dans ces exemples, le service n'est pas totalement immatériel et nécessite une présence physique située à une distance géographique raisonnable. Ainsi, la télésurveillance de locaux suppose l'existence d'une équipe prête à intervenir en cas de besoin. De même, le téléachat va engendrer un flux physique de transport de marchandises. La localisation des prestataires de téléservices n'est donc pas sans importance. Néanmoins, le fait que ce type de services puisse se faire en grande partie à distance peut permettre aux firmes de se localiser en périphérie plutôt que dans les centres. La nécessité d'une proximité géographique forte entre les entreprises et les prestataires de services peut donc se trouver un peu moins primordiale, ce qui peut influencer les choix de localisation des firmes.

– **Le travail à distance en réseau.**

Il s'agit d'individus se coordonnant à distance afin d'effectuer un travail en commun. Ici les travailleurs sont localisés dans leur lieu habituel de travail mais articulent leur processus de travail à travers les systèmes de télécommunications. Cela concerne particulièrement les activités de recherche et d'innovation. Cette forme est très particulière dans la mesure où les localisations des travailleurs sont ici inchangées ce qui ne correspond pas à la vision habituelle du télétravail. Elle est néanmoins parfois étudiée ce qui explique bien pourquoi les chiffres sur le télétravail peuvent être sujet à discussion. Si l'on ne restreint pas ce qui relève effectivement du télétravail, tout salarié peut potentiellement être qualifié de télétravailleur dès lors qu'il utilise internet. Cependant, le travail en réseau à distance ne sous-entend pas uniquement des échanges d'informations mais bien une réelle coordination nécessitant l'utilisation d'un matériel,

de logiciels et de processus spécifiques (groupware, workflow...). Cette organisation du travail est extrêmement liée aux progrès technologiques.

– **Le télétravail stricto sensu.**

La définition est donnée par le rapport Breton (1994) : *"le télétravail est une modalité d'organisation et/ou d'exécution d'un travail salarié exercé par une personne physique au moyens d'outils informatiques et/ou de télécommunication permettant d'effectuer le travail à distance, c'est-à-dire hors des abords immédiats de l'endroit où le résultat de ce travail est attendu et parfois même en dehors de toute possibilité physique pour le superviseur de surveiller la prestation du télétravailleur."*

Il s'agit ici de la perception "classique" de la notion de télétravail et celle à laquelle il est le plus fait référence dans la littérature. Le travail à domicile (ou au moins en partie à domicile) relève de cette définition. C'est bien le télétravail stricto-sensu qui pose réellement la question d'une éventuelle refonte de l'organisation du travail telle que nous la connaissons depuis le 19ème siècle.

Ce qui est mis derrière l'étiquette "télétravail" est donc multiple et peut varier selon les analyses ce qui explique, comme le soulignent Fusulier et Lannoy (1999), que le nombre de télétravailleurs peut varier, pour la France, de quelques milliers à plusieurs centaines de milliers.

L'importance de la notion de proximité

La notion de proximité est importante car elle renvoie à l'idée de possibilité de coordination. Cette proximité peut évidemment correspondre à une proximité géographique mais ce n'est pas la seule possibilité. Si on considère qu'être à proximité de quelqu'un c'est pouvoir se coordonner avec ce dernier alors on se rend compte que l'accessibilité permise par les réseaux de transports et l'existence de systèmes de télécommunications performants permettant de

se coordonner à distance constituent des vecteurs importants de proximité. Il faut toutefois souligner que certaines activités ne peuvent se départir de la notion de groupe et nécessite une cohésion si forte qu'elle n'est pas transmissible par les systèmes de télécommunications.

Quel que soit le travail considéré, cette proximité est primordiale. Le lieu de travail "classique" tel qu'on l'entend habituellement (bureaux, usines...) est considéré comme le seul endroit permettant aux employés d'effectuer les tâches qui leur incombent dans le cadre de leur activité professionnelle. Ceci est du au fait, que chaque emploi nécessite l'utilisation d'un matériel spécifique ainsi qu'éventuellement d'étroites relations entre les différents collaborateurs afin d'échanger des idées ou de travailler conjointement sur un projet. Cette nécessité implique donc pour les travailleurs d'effectuer quotidiennement des trajets (parfois appelés "pendulaires") entre le domicile et l'entreprise qui les emploie. Les infrastructures de transports sont donc primordiales pour la mobilités des individus bien sûr mais aussi pour leur qualité de vie. Faire de long trajet pour rejoindre son travail peut vite se révéler épuisant et la majorité des salariés choisissent donc de vivre à une distance raisonnable de l'endroit où ils travaillent. Parallèlement, la proximité d'infrastructures de transport performantes peuvent être importantes dans le cadre même de certains emplois nécessitant des déplacements professionnels réguliers.

Le télétravail cristallise fortement cette nécessité de proximité. Il ne s'agit pas seulement de travailler chez soi mais de pouvoir faire à domicile ou dans quelque endroit que ce soit ce que l'on effectue habituellement sur son lieu de travail. Dès lors la proximité qui est traditionnellement une proximité physique doit pouvoir être remplacée par un autre type de proximité, une proximité potentielle permettant à des individus éloignés géographiquement de se coordonner et d'effectuer un grand nombre de tâches nécessitant le concours de chacun sans se déplacer. Il est alors indéniable que le développement des

nouvelles techniques de l'information et des communications tient une place centrale dans ce raisonnement.

4.2.2 L'enchaînement TIC-Télétravail-Transport

Le développement des TIC et la diffusion du télétravail : deux phénomènes fortement liés

Lorsqu'on s'intéresse aux effets de l'évolution spectaculaire des NTIC sur le développement économique des territoires, on évoque le plus souvent, et comme nous l'avons fait auparavant dans les chapitres précédents, les effets les plus "directs". Ainsi, il est souvent montré en quoi l'implantation d'infrastructures de télécommunications dans une zone géographique donnée peut modifier les choix de localisation des entreprises. Pourtant, il ne faut pas oublier que le progrès technologique a toujours été un facteur de modification de l'organisation du travail. L'emploi étant une notion essentielle dans le concept de développement économique, on ne peut pas éluder la question du rôle des télécommunications sur l'emploi sachant que cela aura un effet plus ou moins direct sur le développement des territoires. Si le rapport Bangemann (1994) estime pour sa part que les NTIC dynamiseront tous les secteurs économiques et auront des conséquences positives pour l'emploi, il faut déterminer en quoi ils modifieront l'organisation du travail et comment cela pourrait avoir des effets bénéfiques.

Quand on évoque la relation entre le travail et les NTIC, on pense invariablement à l'éclosion si souvent espérée du télétravail. Le contexte technologique constitue une donnée fondamentale dans l'évolution du télétravail. Toutes les définitions du télétravail font référence au facteur technologique, en particulier aux NTIC. Certes les progrès techniques ne sont pas suffisants pour induire le passage au travail à distance mais sans elles il serait impossible d'envisager ce dernier. L'existence du télétravail est clairement corrélée à la diffusion

des NTIC. Sans l'existence de systèmes de télécommunications performants, la coordination à distance devient impossible et le télétravail ne peut exister.

Les effets du télétravail sur les transports

L'impact du développement du télétravail sur les transports et les déplacements a toujours été un point crucial dans le débat sur le télétravail. Les analyses sur cette question ont néanmoins souvent été tronquées du fait d'une trop grande restriction de la sphère à étudier. Les arguments étaient souvent trop mécanistes et ne prenaient pas en compte l'intégralité des phénomènes en jeu. Niles (1994) soulignait ainsi justement que la problématique de l'interaction entre télétravail et déplacement ne pouvait être correctement discutée sans prendre en compte le cadre économique et social de manière général. L'articulation télétravail-transport n'est en effet pas si simple car un changement d'organisation du travail va avoir des répercussions au niveau social et au niveau économique, ce qui pourrait avoir des effets indirects sur les transports. Si l'effet direct du télétravail semble être de diminuer les déplacements et à terme de permettre une meilleure régulation du trafic, rien ne nous autorise à affirmer que cette éventuelle décongestion des infrastructures de transports ne va pas à son tour modifier le comportement des usagers vis à vis des transports. Il peut exister des demandes latentes de transports attendant justement une meilleure régulation du trafic pour se manifester. Il faut donc faire très attention à ces analyses trop déterministes et préciser que les effets de substitution qui semblent être mis en évidence ne constituent qu'un mécanisme parmi d'autres dans l'interaction télétravail-transports.

Il est certain que le télétravail pourrait permettre d'éviter un certain nombre de déplacements. Au niveau individuel, la possibilité de supprimer certains trajets domicile-travail constitue un des arguments les plus mobilisés par les "défenseurs" du télétravail. Cela aurait donc un impact sur la gestion des infrastructures de transports. Si l'on suit Heinonen et Weber (1998), le télétravail

pourrait permettre de réduire les investissements consacrés à la construction et à l'entretien des infrastructures routières.

Plusieurs études empiriques aux Etats-Unis et aux Pays-Bas ont mis en évidence un effet réduction du traffic grâce au télétravail (Niles (1994), Nilles (1994), Hamer et al. (1991)).

Pourtant, il n'est pas exclu que le télétravail puissent engendrer certain déplacements supplémentaires. Il existe plusieurs raisons à cela :

- Tout d'abord, le télétravail pourrait engendrer une hausse des déplacements pour motifs non professionnels. Parfois, d'autres déplacements nécessaires (emmener les enfants à l'école, faire du shopping...) pouvaient être couplés aux trajets domicile-travail. Ces déplacements là ne pourront être supprimer par le télétravail. Le fait de pouvoir gérer son emploi du temps de manière plus souple pourrait par exemple permettre aux télétravailleurs de faire du shopping plus loin qu'ils n'en avaient l'habitude.

- Ensuite, le télétravail pourrait générer des choix de localisation résidentielle différents. Le fait de pouvoir travailler à domicile pourrait ainsi permettre aux travailleurs de vivre plus loin de l'entreprise qui les emploie. Les recherches de Lyons et al. (1998) montrent que lorsqu'un individu décide de déménager, la zone géographique dans laquelle il cherche sa future résidence est plus étendue lorsqu'il a la possibilité de télétravailler. Dans ce cas, les travailleurs se déplaceraient moins souvent mais sur de plus longues distances. L'effet global devient alors incertain.

- Enfin, on pourrait assister à une modification dans les modes de déplacements. Pour les travailleurs qui utilisaient les transports en commun et qui peuvent désormais travailler en partie à domicile, il est possible que le fait de devoir se déplacer moins souvent entraîne une désaffection des

transports publics au profit des véhicules personnels. C'est notamment ce que montre Lund et Mokhtarian (1994) et Harvey et al. (1997).

On voit bien que l'effet premier du télétravail sur les transports, à savoir la substitution pure et simple va se voir freiner par des mécanismes potentielles pouvant paraître secondaires mais ayant un effet contraire sur les déplacements, en l'occurrence une certaine forme de complémentarité. Néanmoins, les auteurs s'accordent globalement à dire que le télétravail peut permettre de diminuer le trafic en revanche l'effet pourrait être moins important que ce que l'on pouvait penser.

Avantages et limites potentiels du télétravail

Même si les impacts précis du télétravail reste incertains, on peut quand même dresser un panorama des effets attendus qu'ils soient positifs ou négatifs. A travers les différentes études auxquelles nous nous sommes intéressées, nous avons vu apparaître un certain nombre de points régulièrement soulevés.

Ainsi, on retrouve souvent cités des avantages en terme de :

- **Désengorgement urbain.**

  C'est l'argument le plus souvent mobilisé. Le fait de travailler à domicile ou sur des sites de proximités est vue comme un moyen de diminuer les déplacement et notamment l'utilisation des automobiles. Cela pourrait donc permettre de réduire la congestion en milieu urbain avec une baisse de la fréquentation des infrastructures routières.

- **Pollution.**

  En prolongement de l'argument sur la diminution attendue de l'engorgement urbain, on trouve celui de la baisse de la pollution. Les mécanismes en jeux sont les mêmes que pour le point précédent. Il faut néanmoins noter que cet effet n'est pas totalement certain : les télétravailleurs souhaitant souvent "vivre au vert" pourraient être amenés à se déplacer

moins souvent pour se rendre sur leur lieu de travail mais en parcourant de plus longues distances. Dès lors, les effets sur la pollution ne peuvent être clairement déterminés.

– **Efficacité.**

Le télétravail permettrait aux salariés d'être plus efficaces. L'absence de trajets diminuerait le stress et favoriserait l'équilibre personnel. Cet argument souvent mobilisé reste difficile à évaluer.

– **Implication.**

Pour fonctionner correctement, le télétravail nécessite une connaissance approfondie de l'entreprise et de ses objectifs. En conséquence, les télétravailleurs se doivent d'être impliqués fortement dans la vie du groupe qui les emploie.

– **Economie.**

Le développement du travail à domicile ou sur des sites de proximité permettrait à l'entreprise de rationaliser les surfaces et d'économiser la location ou l'achat de bureaux notamment dans les quartiers d'affaires. IBM a ainsi fermé un de ses bâtiments à la Défense.

– **Recrutement.**

Le fait de permettre aux salariés qui le souhaitent de moduler leur organisation de travail peut jouer positivement sur l'image de l'entreprise et attirer des collaborateurs de qualité ayant choisi ce mode de fonctionnement.

– **Flexibilité.**

A l'heure où la notion de flexibilité du travail est la mode, le télétravail semble être une organisation du travail très à propos. Le fait d'avoir toujours à sa disposition les outils nécessaires pour travailler permettrait

une plus grande réactivité et une gestion du temps de travail plus souple. Ceci constituerait un avantage considérable pour les entreprises mais pourrait aussi être vu comme un inconvénient majeur pour les salariés comme on va le voir par la suite.

Pour ce qui est des inconvénients, ils sont souvent cités en terme de :

- **Flexibilité.**

  On a vu que se pouvait être un avantage mais comme nous l'avons précisé ce peut être aussi un inconvénient pour les employés s'il est poussé à l'extrême. Le fait de mettre à disposition du salarié les outils pour travailler à n'importe quel moment peut se transformer en envie de faire travailler lorsque l'employeur le décide ce qui peut remettre en cause l'argument d'un meilleur équilibre personnel. On entrevoit alors une possible précarisation des emplois.

- **Cadre juridique.**

  Le télétravail pose de nombreuses questions concernant le contrôle du temps de travail, les heures supplémentaires ainsi les dispositions relatives aux accidents du travail. Il existe donc un certain flou juridique sur ces différents points qui freine la diffusion à plus grande échelle du télétravail.

- **Cohésion.**

  A l'inverse de l'argument positif concernant l'implication, certains auteurs notent que le télétravail, en limitant les contacts entre les salariés, peut engendrer un manque de cohésion au sein de l'entreprise.

- **Sécurité.**

  Le télétravail nécessite un réseau informatique sécurisé au sein de l'entreprise. La sécurité doit être renforcée pour protéger d'éventuelles intrusions dans le système et garantir la confidentialité des informations circulant.

– **Isolement.**

Le travail à distance induit un risque à la fois pour l'employeur et pour l'employé. Pour ce qui est de l'employeur, le contrôle du travail est rendu difficile et ne peut s'appliquer que sur la réalisation d'objectifs précis. Le télétravail peut donc engendrer un problème de "passager clandestin" et nécessite donc au préalable une relation de confiance importante. Au niveau des employés, le fait de travailler à domicile peut conduire à une certaine forme d'isolement ou de marginalisation pouvant affecté l'état psychologique.

4.2.3 Mise en place diffusion du télétravail

On a vu que le développement du télétravail était un indicateur de la prépondérance croissante des télécommunications et que ses effets attendus étaient nombreux mais incertains. On va s'intéresser maintenant aux différentes études et travaux permettant de mieux évaluer à la fois le nombre de télétravailleurs, leur répartition géographique et les effets induits par l'usage du travail à distance.

Mesure du nombre de télétravailleurs et répartition géographique

Dans les années 70, le président de l'American Telegraph Telephon prédisait que 80% des Américains travailleraient à domicile vingt ans plus tard. Cette prédiction reposait à la fois sur le problème de congestion importante des villes que commençait à connaitre les Etats-Unis et sur les promesses qu'offrait le développement des moyens de télécommunications. Aujourd'hui, force est de constater que le télétravail ne s'est pas développé d'une manière aussi spectaculaire qu'escompté. Le développement des systèmes de télécommunication a pourtant été, et continue d'être, très important mais d'autres facteurs que les NTIC et notamment des facteurs juridiques et d'ordre psychologique (notamment une certaine forme d'inertie de l'organisation du travail et une

méfiance des travailleurs vis à vis des nouvelles technologies) ont tempéré le développement du télétravail.

Les mesures successives, bien que pouvant être sujette à discussion quant aux chiffres, du nombre de télétravailleurs en Europe peuvent être énoncées comme suit :

- Dans les années 80, le nombre de télétravailleurs européens est de quelques milliers. Le télétravail n'est alors qu'un objectif politique et un thème de recherche et n'est pratiqué que par une élite technologique.
- Au milieu des années 90, l'Europe comptait entre 1 et 2 millions de télétravailleurs. Ce développement est surtout porté par des entreprises avant-gardistes.
- A la fin des années 90, le nombre de télétravailleurs est évaluer entre 2 et 4,5 millions. C'est la période où le télétravail est le plus étudié et est perçu réellement comme un instrument pouvant être intéressant à une plus grande échelle.
- Depuis l'an 2000, on considère qu'il y aurait environ 9 millions de télétravailleurs. Le télétravail s'applique alors dans divers secteurs d'activité et se démocratise.

Si le nombre de travailleurs à distance semble sensiblement progresser en Europe au fil des années, il est important de noter l'existence de fortes disparités géographiques quant à l'adoption de cette nouvelle organisation du travail. D'après l'analyse de Taskin (2003), plus de 15% de la population active occupée des pays scandinaves à adopté le télétravail contre seulement 3% en France. Cela peut correspondre aux pays caractérisés par une plus grande flexibilité du travail ce qui rend le passage au télétravail moins compliqué. Par ailleurs, l'adoption du télétravail nécessite, comme nous l'avons montré auparavant, d'être doté d'infrastructures et de systèmes de télécommunications performants. Dès lors, le télétravail semble non seulement être réservé aux pays les plus avancés mais, au sein même des pays, des inégalités régionales

peuvent apparaître. Certaines régions souffrant d'un manque d'investissement en infrastructures de télécommunications ne pourront bénéficier des éventuelles relocalisation des firmes et du désir de "vivre au vert" des salariés. Les territoires pouvant tirer des bénéfices du développement du télétravail semblent donc être les zones périphériques des grandes métropoles. Cela est renforcé par le fait que les emplois concernés par le télétravail sont, en général, des emplois de cadres en étroites relations avec les sièges des entreprises localisés dans les grandes villes. Même si les déplacements peuvent être réduits grâce au travail à distance, ils ne sont pas pour autant supprimés. Les salariés peuvent donc vivre **plus loin** des centres mais pas **trop loin** des centres. A moins d'imaginer la possibilité d'effectuer la totalité de son activité professionnelle à domicile, la portée de l'argument d'un possible rattrapage des régions les plus défavorisées est donc fortement réduite.

Le cas d'IBM

En 1999, la multinationale IBM lance sur le modèle américain une refonte de son organisation du travail en Europe nommée "Programme Mobilité". Ce programme consiste à multiplier les sites de proximité et à permettre lorsque cela est possible le travail en partie à domicile. Selon l'activité effectuée par le salarié, être mobile signifie travailler deux ou trois jours en dehors de son site de rattachement dans un des sites de proximité, à domicile où chez un client. D'après Vincent Aubin, responsable du Programme Mobilité d'IBM : *"Le programme est ouvert à tous les salariés, à part quelques fonctions supports et fonctionne sur la base du volontariat du collaborateur, et sur l'accord de son manager. Il nécessite un management par objectif et une relation de confiance. Cela demande aussi de formaliser les choses à l'avance, en fixant par exemple des réunions régulières."*

Nous allons nous intéresser à l'étude de Laurence Thomsin (2005) qui analyse le cas d'IBM-Belgium qui pratique le télétravail (travail à domicile, travail

dans un bureau satellite et travail chez le client). Elle nous renseigne, en interrogeant les télétravailleurs, sur les effets induits de cette nouvelle forme de travail sur la mobilité des travailleurs. L'étude est divisée en trois parties, une analyse de la perception et des effets du travail à domicile, en clientèle et dans un centre de proximité. Il faut toutefois noter que le télétravail ne concerne qu'une fraction du temps de travail et que dans tous les cas les travailleurs continuent à travailler en partie dans un bureau et peuvent de plus combiner les trois types de télétravail.

Les interprétations des résultats en fonction du type de télétravail peuvent être énumérées comme suit :

– **Le télétravail à domicile.**

  Les employés interrogés confirment avoir un grand sentiment de satisfaction à pouvoir exercer en partie leur activité professionnelle à domicile. Cette organisation du travail nécessite néanmoins des aménagements pour qu'elle soit efficace. Les télétravailleurs expliquent ainsi que l'existence d'un espace spécialement dédié au travail au sein du foyer est primordiale tout comme d'ailleurs le fait de disposer de connexions performantes sur son lieu de résidence. Ce bureau à domicile est censé se substituer au bureau traditionnel localisé dans l'entreprise. Il est important dans le sens où il compense la dépersonnalisation de l'espace de travail proposé par l'entreprise.

  Les travailleurs apprécient particulièrement la flexibilité qu'induit le travail à domicile et qui permet une meilleure répartition du temps entre vie privée et professionnelle.

  Pour ce qui est des effets sur les déplacements, l'étude montre qu'ils sont importants. Les télétravailleurs confirment une réelle diminution des trajets ou tout du moins du stress qu'ils génèrent. Ils citent ainsi la possibilité de travailler pendant les heures de pointe et de se rendre

au bureau ultérieurement voire de ne pas se rendre au bureau du tout. La perte de temps et d'énergie liée au déplacement est ainsi considérablement réduite. Le problème de la durée du temps moyen des trajets domicile-travail, qui n'a cesser d'augmenter ces dernières années en raison de l'augmentation du trafic et de la congestion des infrastructures de transports que cela implique, pourrait donc être en partie jugulée par le biais du télétravail. Les télécommunications peuvent dans cet exemple précis se substituer aux transports. Cet effet est d'autant plus important que l'usage du travail à domicile porte sur une fraction importante du temps de travail.

– **Le télétravail en clientèle.**

Notons tout d'abord que les salariés passant une partie de leur temps à travailler chez les clients pratiquent également le télétravail à domicile de manière épisodique. Cela leur permet également d'éviter les problèmes d'embouteillages car contrairement à une idée communément répandue, les horaires de déplacements du télétravailleur en clientèle ne sont pas prédéterminés par les horaires de travail fixes de ses clients. De même, la suppression des déplacements vers le siège de l'entreprise avant ou après la visite du client contribue à renforcer ce gain en terme de temps et distance parcourue. Cette redéfinition de la cartographie des déplacements renforce l'effet de substitution des télécommunications aux transports. En revanche, l'étude montre que les télétravailleurs en clientèle peuvent souffrir d'un certain sentiment de marginalisation. Ceux-ci regrettent en effet d'être en quelque sorte "dépossédés" d'un réel espace de travail qui leur serait propre. Le lieu de travail étant principalement le lieu de travail des clients, cela empêche toute personnalisation de l'espace professionnel.

– **Le télétravail dans un centre de proximité.**

> Les centres de proximité sont des lieux supplémentaires, généralement répartis en dehors des centre villes et permettant de pratiquer le télétravail. Ils constituent des possibilités pour les employés de travailler sur des sites plus près de leur domicile que celui où ils travaillent habituellement. Ces sites ne sont pas des sites de rattachement mais des lieux créés spécifiquement pour le télétravail. Ils permettent d'éviter, de temps à autre, de se déplacer jusqu'au siège lorsque cela n'est pas nécessaire. Les avantages de cette forme résident principalement dans le fractionnement des distances. La multiplication du nombre de centres de proximité permet une réduction de la distance globale des déplacements professionnels. En revanche, tout comme dans le cas du télétravail, en clientèle, les salariés utilisant souvent les centres de proximité regrettent la dépersonnalisation du lieu de travail notamment du fait de l'absence d'une place fixe dans ces centres.

On voit donc apparaître à travers cette analyse la confirmation de certains effets perçus par les télétravailleurs. L'effet sur les déplacements semblent donc certain et est régulièrement perçu comme un des aspects les plus positifs du télétravail notamment du fait de la baisse du stress que générait des trajets souvent longs (en terme de temps mais pas forcément de distance). Les systèmes de télécommunications pourraient donc engendrer un mécanisme de substitution de flux virtuels à des flux physiques dans certains cas précis comme le télétravail. Évidemment cela concerne les flux de personnes devant se rendre sur leur lieu de travail mais rien ne nous dit qu'à terme le télétravail ne créera pas des opportunités de contacts (nouveaux clients, nouveaux partenaires, nouveaux collaborateurs...)entraînant des déplacements supplémentaires dans le cadre même du travail. Du côté des autres avantages, un meilleur équilibre de vie et une plus grande souplesse des horaires de travail sont régulièrement cités. En

ce qui concerne les désagréments, les télétravailleurs regrettent seulement une forme de dépersonnalisation du cadre de travail.

4.3 Formalisation du télétravail dans la théorie économique

4.3.1 Un concept surtout étudié dans la théorie des contrats

La thématique du télétravail a alterné les périodes fastes et les périodes creuses en terme d'intérêt de recherche. C'est sans doute pour cela, que le concept de télétravail n'apparait pas comme un objet d'étude récurrent dans la théorie économique. De ce fait, la question de la formalisation de ce concept a été très peu abordée. Elle va apparaitre à la fin des années 90 dans le champ de la théorie des contrats. La théorie des contrats examine les interactions entre un petit nombre d'agents. [2] Le modèle le plus connu est le modèle principal-agent dans lequel un manager (le principal) cherche à obtenir d'un travailleur (l'agent) un effort coûteux mais dont il ne peut mesurer l'intensité directement. Du fait de cette incapacité à évaluer correctement le niveau d'effort de l'agent, le principal doit mettre en place des moyens, permettant de faire concorder les intérêts de l'agent avec les siens, parmi lesquels des contrats d'incitation et des mécanismes de sélection. La question de la mise en place du télétravail peut également se rapporter à une formulation de type principal-agent.

La question de la mise en place du télétravail

Parallèlement aux travaux que nous avons vu précédemment, qui essayent de discuter des implications du télétravail sur le bien être des travailleurs et sur l'environnement, se sont développés des travaux portant sur la mise en place du télétravail dans les entreprises. La mise en place effective du télétravail nécessite, en effet une définition de la manière dont doit s'organiser le travail à

[2] Pour une revue de littérature complète voir Salanie (1997).

domicile notamment en termes de management. Cela constitue un élément primordial à la fois pour l'existence et la réussite de toute nouvelle organisation du travail (Mokhtarian et Salomon (1997), Powell et Mainiero (1999), Anderson et al. (2002)). Le télétravail va donc générer un problème "managérial" pour le contrôle à distance du travail (Hamblin (1995), Kurland et Egan (1999)). Pearlson et Saunders (2001, vont souligner le fait que le travail à distance pourrait compromettre la "performance" du travail. Les travaux essayant d'aller plus loin qu'une simple analyse conceptuelle sur la question de l'impact de la mise en place du télétravail sur les firmes vont notamment tenter de mesurer la corrélation entre la pratique du télétravail et la production (Belanger et Collins (1998)). Ces travaux vont permettre d'avancer sur la question des effets du télétravail mais de nombreux auteurs vont souligner l'absence récurrente d'un cadre théorique adapté permettant de définir les meilleures façon de mettre en place le télétravail (Raghuram et al. (1996) McCloskey et Igabaria (1998), Bailey et Kurland (2002)).

C'est ce que Gao et Hitt (2003) ont tenter de faire.

Un exemple de formalisation : le modèle de Gao et Hitt (2003)

Gao et Hitt vont développer un modèle permettant de répondre à deux problématiques issues de la théorie des contrats :

- Quels types de travailleurs devraient être autorisés à participer à la mise en place d'un programme de télétravail ?

- Comment les télétravailleurs peuvent-ils être "managés" à distance ?

Dans leur modèle, le manager d'une firme doit décider si un travailleur peut être autorisé à travailler à distance depuis son domicile. Cependant, il fait face à des incertitudes : certains travailleurs peuvent avoir une propension à s'engager dans des activités personnelles (divertissements...) au lieu de travailler s'ils travaillent à domicile (ceci peut notamment être dû à leur personnalité ou à

d'autres facteurs que le manager ne peut anticiper qu'en partie) et le manager n'est pas en mesure d'observer le niveau d'effort que le télétravailleur met en œuvre. Le niveau d'effort est plus simple à contrôler lorsque le travail est effectué dans la firme. Cependant, ne pas autoriser du tout le télétravail peut ne pas être optimal car il peut être moins coûteux [3] pour un travailleur d'effectuer le même niveau de travail en étant en partie à domicile.

Le manager peut utiliser deux moyens pour obtenir le niveau d'effort optimal de la part des télétravailleurs :

- Il peut choisir les travailleurs en lesquels il a le plus "confiance" et les autoriser à travailler à domicile. Les travailleurs ayant la plus faible propension à effectuer des activités personnelles pendant les heures initialement destinées à travailler s'ils travaillent à domicile.
  Dans ce cas, le manager fait face à un problème de sélection pour décider quels travailleurs peuvent être autorisés à travailler à distance.

- Il peut mettre en place des incitations (par exemple des primes) pour les travailleurs afin qu'ils s'engagent de manière efficace dans le télétravail et ne soient pas tentés d'effectuer des activités autres que professionnelles du fait de la difficulté pour le manager à contrôler le travail à domicile. L'efficacité des incitations va dépendre du niveau d'information que le manager va pouvoir obtenir concernant les performances des travailleurs à domicile ce qui est donc fortement lié à la question de l'observation du niveau d'effort.
  Si le niveau d'effort est fortement observable et donc mesurable, en étant par exemple fortement corrélé avec la production observable du travailleur, le manager peut mettre en place un contrat basé sur les résultats observés. Les incitations sont donc basées sur des critères objectifs dans ce cas.

[3] Ici, la notion de coûteux ne fait pas forcement référence à un coût monétaire

Si le manager peut percevoir l'effort du télétravailleur mais ne peut pas réellement le mesurer, il peut mettre en place des incitations basés sur des critères subjectifs.

Ainsi, le problème de décision va porter sur l'arbitrage entre des incitations basées sur des critères objectifs et des incitations basées sur des critères subjectifs.

Le modèle de Gao et Hitt se base sur l'approche multi-tâches du modèle principal-agent (Holmstrom et Milgrom (1991)) qui permet de montrer comment les incitations modifient la répartition de l'effort entre les tâches professionnelles et non-professionnelles en prenant en compte la variété des caractéristiques des agents. La coexistence de critères objectifs et subjectifs dans la mise en place des incitations est basée sur le modèle de mesure subjectif de Baker et al (1994).

Hypothèses

Gao et Hitt modélisent les interactions entre un principal (P) et un agent (A). Le principal doit prendre une décision quant à l'autorisation ou non de laisser l'agent travailler depuis son domicile.[4] Si l'agent travaille depuis son domicile, il peut obtenir un bénéfice privé noté b. Les travailleurs ont des caractéristiques différentes concernant le temps qu'ils doivent consacrer à leur travail pour obtenir b lorsqu'ils travaillent à domicile. Ainsi, un travailleur du type $\theta \in [\underline{\theta}, \bar{\theta}]$ va devoir consacrer un temps $h_1 = b/\theta$ pour obtenir le bénéfice privé b s'il travaille à distance. Les valeurs les plus élevées de θ correspondent aux *"bons"* travailleurs.

Par ailleurs, les travailleurs vont avoir des niveaux de productivité différents selon qu'ils travaillent à domicile ou au bureau. On note p_1 la productivité des travailleurs lorsqu'ils travaillent au bureau et p_2 le productivité

[4] S'il travaille depuis son domicile on dira qu'il fait du télétravail sinon on dira qu'il travaille *"au bureau"*.

des télétravailleurs. Aucune hypothèse n'est faite quant à la relation entre p_1 et p_2.[5] Lorsqu'un agent travaille pendant une durée h, sa production en valeur est de $p_1 h$ s'il travaille au bureau et de $p_2 h$ s'il travaille à domicile. Les travailleurs supportent un coût, fonction du temps travaillé, noté $C(h)$ où $C(0) < 0, \partial C/\partial h > 0, \partial^2 C/\partial h^2 > 0$.

Cette hypothèse implique qu'il existe une durée de travail minimale h^* pour laquelle $C(h^*) = 0$. Les agents vont donc exercer un effort pour un salaire fixé. On suppose également que θ_0 n'est pas si petit de telle manière que $b/\underline{\theta} < h^*$. On note u_0 l'utilité de réservation.

Gao et Hitt vont étudier quatre cas fonction du degré de contrôle possible du niveau d'effort de l'agent. On ne présentera ici que les trois premiers [6] :

Cas n°1 : le niveau d'effort de l'agent est inobservable.

Lorsque le niveau d'effort n'est pas observable, le manager va proposer un contrat où le niveau de salaire est fixe.

Sans télétravail, le principal résout le programme d'optimisation suivant :

$\max_w \pi_1 = p_1 h - w$

Sous les contraintes suivantes :

Contrainte de rationalité : $w - C(h) \geq u_0$

Contrainte d'incitation : $h = \arg\max_h (w - C(h))$

où w est un salaire fixe.

Le salaire étant fixe, l'agent effectuera un effort $h = h^*$ afin de satisfaire la condition d'incitation. Afin de remplir la contrainte de rationalité, le principal offrira un salaire $w = u_0 + C(h*)$ et dégagera alors un profit :

[5] Plusieurs travaux ont montré que la productivité était plus grande lorsque le travail est effectué à domicile (Belanger et Collins 1998, Bailey et Kurland 2002) même si les managers remettent généralement cette idée en cause (Pearlson et Saunders 2001).

[6] Le quatrième cas sera présenté pour information en annexe.

$$\pi_1 = p_1 h^* - u_0 - C(h^*) \tag{4.1}$$

Avec le télétravail, le principal doit prendre en compte l'existence de différents types de travailleurs. L'agent va résoudre le programme de maximisation suivant :

$\max_{h,h_1} w - C(h + h_1) + \theta h_1$

avec $\theta h_1 \leq b$

En travaillant à domicile, l'agent va d'abord faire l'effort lui permettant d'obtenir le revenu supplémentaire. Il va donc fixer son niveau d'effort h tel que $h = h^* - b/\theta$ afin d'effectuer au total le niveau d'effort minimal h^*.

Le principal va donc résoudre le programme suivant :

$\max_w \pi_2 = p_2 h - w$

Sous les contraintes suivantes :

Contrainte de rationalité : $w - C(h + h_1) + \theta h_1 \geq u_0$

Contrainte d'incitation : $h = h^* - \frac{b}{\theta}$

Le profit d'équilibre est alors donné par :

$$\pi_2 = p_2 h^* - u_0 - C(h^*) + b - p_2 \frac{b}{\theta} \tag{4.2}$$

Si le principal est en mesure d'observer θ, il proposera le télétravail aux agents dont le type permet d'atteindre $\pi_2 > \pi_1$.

On note θ^* la borne minimale à partir de laquelle le principal va proposer le télétravail.

$$\theta^* = \frac{p_2}{1 - h^*(p_1 - p_2)/b}$$

Étant donné p_1 et p_2, θ^* augmente avec l'écart de productivité $p_1 - p_2$.[7] Cela signifie que plus la productivité au bureau est importante moins le principal

[7] Les auteurs font l'hypothèse que b est suffisamment grand pour que $1 - \frac{p_1 h^*}{b}$ soit positif.

va proposer du télétravail. Inversement, plus la productivité à domicile est importante, plus le principal va proposer du télétravail.

Dans ce cadre, le développement des télécommunications, qui permet d'accroître la productivité du travail à domicile encourage bien évidemment le télétravail.

Cas n°2 : le niveau d'effort est entièrement observable.

Afin de simplifier le problème, Gao et Hitt suppose à partir de maintenant que la productivité des travailleurs est la même que ce soit au bureau ou à domicile.

Dans le cas où le niveau d'effort (h) est entièrement observable, le principal va mettre en place des contrats basés sur le temps de travail effectif et définissant les salaires de la manière suivante : $w = s + ah$ où s est la part fixe du salaire et ah la part variable du salaire.

Dans le cadre du travail au bureau, l'agent résout le programme de maximisation suivant :

$$\max_h s + ah - C(h)$$

La condition de premier ordre aboutit à $C'(h) = a$. On peut alors réécrire le niveau d'effort optimal de la manière suivante : $h = H(a)$.

Le principal va alors résoudre le programme de maximisation suivant : $\max_a \pi_1 = pH(a) - C(H(a)) - u_0$ qui aboutit à l'optimum suivant, $a = p$ soit :

$$\pi_1^* = pH(p) - C(H(p)) - u_0 \tag{4.3}$$

Pour les agents effectuant du télétravail, le programme de maximisation devient :

$$\max_h s + ah - C(h + b/\theta) + b$$

La solution à ce problème est alors : $h = H(a) - \frac{b}{\theta}$.

Le principal va alors résoudre le programme de maximisation suivant : $\max_a \pi_2 = p(H(a) - b/\theta) - C(H(a)) + b - u_0$ qui aboutit également à l'optimum $a = \theta$.

Les travailleurs autorisés à pratiquer du télétravail sont ceux ayant des caractéristiques supérieure à $\theta = p$.

Cas n°3 : le niveau d'effort est partiellement observable et la contractualisation est basée sur des incitations objectives

On suppose maintenant que le niveau d'effort des agents est parfaitement observable au bureau mais seulement partiellement observable pour le travail à domicile. Comme dans le papier de Baker et al. (1994), on suppose que lorsqu'un agent passe un temps h à son travail, il génère une performance observable objectivement μh, où μ est un facteur de distorsion aléatoire d'espérance $E(\mu) = 1$. L'agent peut observer μ alors que le principal peut uniquement observer μh. Cette situation correspond à un problème de hasard moral. Le type du travailleur (*"bon"* ou *"mauvais"*) peut être raccroché au facteur de distorsion μ. Ainsi, on suppose qu'un *"bon"* travailleur à une variance $Var(\mu)$ plus faible qu'un *mauvais* travailleur et sera ainsi moins enclin à agir de manière opportuniste.

Pour des questions de tractabilité, on donne à la fonction de coût des travailleurs la forme fonctionnelle suivante : $C(h) = \gamma h^2 - m$, où m est un nombre positif.

En utilisant cette fonction de coût, lorsque l'agent travail au bureau, le programme d'optimisation du principal aboutit aux solutions d'équilibre suivantes $a^* = p$ et $\pi_1 = \frac{p^2}{4\gamma} - u_0 + m$.

Lorsque l'agent travaille à domicile, il observe μ et choisit la meilleure réponse en fonction du facteur de distorsion. Le programme de l'agent est alors :

$$\max_h s + \mu a h - \gamma(h + b/\theta)^2 + m + b,$$

dont la solution est :

$$h^* = \frac{\mu a}{2\gamma} - \frac{b}{\theta}.$$

Le principal va alors choisir le niveau de a optimal pour maximiser son paiement espéré :

$$\max_a E\{ph - \gamma(t + b/\theta)^2 + b + m - u_0\}$$

Le niveau d'équilibre est :

$$a^* = \frac{p}{E(\mu^2)}$$

Ce qui aboutit, à l'équilibre, à une espérance de profit de :

$$E(\pi_2) = \frac{p^2}{4\gamma E(\mu^2)} - \frac{pb}{\theta)} + b + m - u_0.$$

En comparant les profits entre les situation de travail au bureau et de travail à domicile, on obtient :

$$\theta^* = \frac{p}{1 - (p^2/4\gamma b)(1 - 1/E(\mu^2))}$$

Ces résultats permettent de mettre plusieurs effets en avant. Tout d'abord, en comparant les cas n°2 et 3, on constate que le principal est moins enclin à autoriser massivement le télétravail (au sens où il ne le proposera qu'aux *"meilleurs"* agents) lorsque le niveau d'effort est imparfaitement observable.

En effet, comme $E(\mu^2) = 1 + Var(\mu)$, une hausse de la variance de μ (correspondant à une baisse de la précision de l'observation objective) va restreindre le nombre d'agents autorisés à télétravailler (hausse de θ^*).

Proposition 18 ***(Gao et Hitt (2003)** :*
Les travailleurs avec un θ élevé ou une faible $Var(\mu)$ ont plus de chance d'être amenés à pratiquer le télétravail.

Les informations relatives à θ et à $Var(\mu)$ sont donc précieuses pour les managers car elles lui permettent de choisir les bonnes personnes pour travailler à domicile. Sans ces informations, le manager se trouve face à un problème de décision et sera ainsi plus enclin à limiter le développement du télétravail.

Proposition 19 ***(Gao et Hitt (2003)** :*
Les managers qui connaissent bien leurs salariés sont plus enclin à autoriser le télétravail.

Les propositions de Gao et Hitt ne sont pas surprenantes mais elles mettent en évidence une des raisons pour lesquelles le télétravail ne se diffuse pas autant que certains travaux le prévoyaient.. La difficulté à contrôler le niveau d'effort des travailleurs à domicile constitue un frein majeur au développement massif du télétravail. Les avancées technologiques devraient néanmoins permettre de contourner en partie ce problème car certains contrôles sont techniquement possibles. En revanche, on retrouve ici les questions juridiques quant au contrôle du travail sans tomber dans des excès. La seconde proposition est certainement intéressante car elle pointe que, au delà des développements technologiques permettant le télétravail, la mise en place de cette nouvelle organisation du travail est fortement dépendante des interactions et des relations humaines au sein des entreprises. Ainsi, on constate que même si les TIC ont un impact certain sur l'évolution de notre société et de son organisation, l'adoption de nouveaux systèmes de fonctionnement est dépendante de facteurs humains.

Apport de ce modèle

Ce modèle n'est pas issu de l'économie géographique et ne peut constituer un cadre directement adaptée à notre objectif d'intégrer la question du télétravail au sein d'un modèle du type de ceux que nous avons utilisé dans les chapitres précédents. Néanmoins il présente plusieurs aspects intéressant pour notre démarche. Tout d'abord, il est intéressant de voir que d'autres champs de recherche au sein de l'économie ont commencé à aborder la question du télétravail de manière formalisée. Ensuite, ce modèle permet de mettre en exergue certaines raisons pour lesquelles le télétravail ne s'est pas autant développé que le prévoyait certains travaux que nous avons présentés au début de ce chapitre. Enfin, les résultats de ce modèle, autorisant sous certaine condition, une mise en œuvre plus ou moins élargie du télétravail, vont nous permettre de justifier l'intégration d'un paramètre représentant la possibilité de télétravailler.

4.3.2 Modélisation du concept de télétravail dans un cadre d'économie géographique

Motivation

Le télétravail est un sujet d'étude récurrent lorsque l'on s'intéresse aux effets des NTIC sur la sphère économique. Ces études sont souvent organisées comme des débats tentant de mettre en évidence les avantages et les inconvénients du télétravail. Il s'agit principalement de prospectives ou d'enquêtes d'opinions comme dans le cas d'IBM-Belgium. Malheureusement, bien qu'étant au centre de nombreuses attentions, le télétravail n'a pas réussi à devenir un sujet d'étude très répandu dans des cadres plus formalisés et notamment dans les modèles d'économie géographique. Pourtant, cette nouvelle organisation du travail semble avoir des implications sur les territoires et sur la localisation des firmes et des personnes. De plus, du fait de l'incidence du télétravail sur les déplacements domicile-travail, le rapprochement avec certains modèles théoriques paraît intéressant. Il semble en effet possible d'intégrer cette notion dans

le cadre d'un modèle urbain à la Ottaviano et al. (2002). C'est ce que nous allons faire par la suite. On va créer un modèle urbain dans lequel les travailleurs vont pouvoir effectuer une partie de leur activité professionnelle à domicile. On cherchera alors à déterminer le rôle des transports, des télécommunications et des territoires sur la diffusion du télétravail. Cette modélisation constituera un moyen d'intégrer enfin le télétravail comme un paramètre central dans un modèle théorique d'économie géographique. Il nous faut maintenant définir la structure de notre modèle.

L'espace

On considère une économie composée de deux territoires notés 1 et 2. Cette économie comporte un secteur d'activité et un facteur de production : le travail. Chaque territoire comporte des firmes et des travailleurs et est représenté par un espace unidimensionnel X. Les deux territoires sont définis comme suit :

- Le territoire 1 est pourvu d'un CBD situé à l'origine $0 \in X$. On pose deux points l et y tels que $0 < l < y$. La zone située entre l et y constitue une contrainte naturelle telle que personne ne peut se localiser entre ces deux points. Entre 0 et l et au delà de y, on trouve des zones résidentielles où vivent les travailleurs.
- Le territoire 2 est également pourvu d'un CBD à l'origine $0 \in X$. Le reste du territoire est constitué de zones résidentielles occupées par les travailleurs.

Les travailleurs

L'économie est pourvue de L travailleurs mobiles et de l travailleurs immobiles localisés dans le territoire 1 sur le segment $[0, l]$. On suppose que les individus travaillent dans le territoire où ils vivent. Le bien être des travailleurs dépend des trois biens suivants :

- Un bien homogène et non produit qui constitue le numéraire de l'économie. Il est échangeable sans coût que ce soit à l'intérieur d'un territoire ou entre les territoires. Une quantité de ce bien est notée q_0.
- Un bien produit en concurrence monopolistique avec des rendements d'échelles croissants. Il prend la forme d'un continuum de n variétés horizontalement différenciées. Chaque variété peut être exportée d'une ville vers l'autre à un coût τ par unité que l'on normalisera à $\tau = 1$ [8]. En revanche, le coût de transport de ce bien est supposé nul à l'intérieur d'un territoire. Une quantité de la variété $i \in [0, n]$ de ce bien est notée $q(i)$.
- La terre. Chaque travailleur utilise une unité de terre afin de se loger dans la ville où il travaille. Le coût d'opportunité de la terre est supposé nul.

Les travailleurs mobiles ont le choix entre s'installer dans le territoire 1 ou dans le territoire 2. Si ils décident de vivre dans le territoire 2 ils travailleront de manière "classique" et effectueront l'intégralité de leur activité professionnelle au sein de la firme localisée à l'origine du territoire 2. Si ils décident de vivre dans le territoire 1, du fait de la présence de l travailleurs immobiles déjà installés sur la zone $[0, l]$ et d'une contrainte naturelle entre $[l, y]$, leur résidence se trouvera relativement éloignée du centre d'emploi. Dès lors, il devient nécessaire de passer à une autre organisation du travail à savoir le travail en partie à domicile (qu'on appellera télétravail par abus de langage). On vérifiera que la contrainte géographique est suffisamment discriminante pour que le travail "classique" ne soit pas intéressant pour les travailleurs s'installant au-delà de y. Le temps de travail est normalisé à 1 et la part du temps de travail passé à domicile dans le cadre du télétravail est notée ξ.

[8] Cette hypothèse nous permet de conserver un coût positif à l'échange entre territoires tout en simplifiant les analyses qui suivent.

Chaque travailleur choisit de consommer une quantité q_0 de numéraire et une quantité $q(i)$ du bien différencié de variété $i \in [0,\ n]$ à un prix $p_r(i)$. Pour cela, il est pourvu d'une unité de travail qui lui rapporte un salaire noté w_1^T s'il s'agit d'un télétravailleur ou w_r^{NT} s'il travaille de manière dite "classique". Par ailleurs, il détient une quantité $\bar{q}_0$ de numéraire supposée suffisamment large pour que la consommation de numéraire soit positive à l'équilibre de marché[9]. Pour ce qui est des coûts, chaque travailleur doit s'acquitter d'une rente foncière notée $R_r(x)$ où x représente la localisation résidentielle du travailleur. De plus, le déplacement du lieu de résidence au lieu de travail constitue un coût de transport. On note $t > 0$ le coût de transport par unité de distance supporté par les travailleurs pour se rendre de leur habitation à leur travail. Le coût de transport d'un travailleur de la ville r habitant en $x \in X$ subi un coût de transport tx si il travaille de manière classique et $t(1-\xi)$ si il utilise le télétravail.

La contrainte budgétaire de l'individu résidant en $x \in X$ du territoire r et utilisant l'organisation du travail "classique" s'écrit de la manière suivante :

$$\int_0^n p_r(i)q(i)di + q_0 + R_r(x) + tx = w_r^{NT} + \bar{q}_0. \tag{4.4}$$

La contrainte budgétaire de l'individu résidant en $x \in X$ du territoire 1 et utilisant le télétravail s'écrit de la manière suivante :

$$\int_0^n p_r(i)q(i)di + q_0 + R_1(x) + t(1-\xi) = w_1^T + \bar{q}_0. \tag{4.5}$$

Les préférences sur le bien différencié et le bien numéraire sont identiques pour tous les travailleurs et sont représentées par une fonction d'utilité quasi-linéaire captant une sous-utilité quadratique.

[9]La demande de bien numéraire est une demande résiduelle. En vérifiant qu'elle est positive à l'équilibre, on s'assure que le calcul des quantités de biens différenciés n'est pas faussé par l'apparition d'une demande résiduelle négative.

$$U(q_0; q(i)) = \alpha \int_0^n q(i)di - \frac{\beta - \gamma}{2} \int_0^n [q(i)]^2 di - \frac{\gamma}{2} \left[\int_0^n q(i)di \right]^2 + q_0, \quad (4.6)$$

pour tout $i \in [0,\, n]$ et avec $\alpha > 0$ et $\beta > \gamma > 0$. La condition $\beta > \gamma$ implique que les travailleurs ont une préférence pour la variété.

Les firmes

On fait une nouvelle fois l'hypothèse que la technologie de production de n'importe quelle quantité $q(i)$ nécessite un montant fixe ϕ d'unités de travail. Le nombre total de firmes dans l'économie est donnée par $n = (L + l)/\phi$. L'épurement du marché du travail implique que le nombre de firmes localisées sur le territoire 1 est tel que : $n_1 = (l + \lambda L)/\phi$, avec λ la part des travailleurs mobiles localisés en 1. Le nombre de firmes localisées sur le territoire 2 est de $n_2 = (1 - \lambda)L/\phi$.

L'adoption du télétravail a un coût pour les firmes. On suppose que ce coût est fonction de l'intensité du télétravail ξ (c'est-à-dire du nombre d'heures, plus moins ou moins important de travail à domicile) et de la qualité des systèmes de télécommunication disponibles [10]. Cette qualité est évaluée par un paramètre k que l'on définit comme suit : plus k est faible, plus la qualité des systèmes de télécommunication disponibles est importante. Lorsque les systèmes de télécommunication disponibles sont de mauvaise qualité (k élevé), l'entreprise va devoir faire face à des problèmes de coordination (que l'on analyse en terme de coût). Cet effet est renforcé lorsqu'une grande partie du travail est faite à domicile (ξ grand).

Le coût supporté par une firme choisissant de mettre en place le télétravail est un coût fixe donné par :

[10] La qualité des systèmes de télécommunication disponibles est bien évidemment liée aux progrès techniques effectués et à la présence d'infrastructures de télécommunication performantes sur le territoire.

$$\kappa_T = k\xi \tag{4.7}$$

On note π_r^{NT} le profit réalisé par une firme localisée en r et ne faisant pas de télétravail et π_1^T le profit réalisé par une firme du territoire 1 utilisant le télétravail. La recette d'une firme localisée en r et produisant la variété i est notée $I_r(i)$.

Lorsque la firme produit sans avoir recours au télétravail, la fonction de profit est la suivante :

$$\pi_r^{NT}(i) = I_r(i) - \phi w_r^{NT}. \tag{4.8}$$

Lorsque la firme produit en utilisant le télétravail, ce qui implique que ce soit une firme du territoire 1, la fonction de profit est la suivante :

$$\pi_1^T(i) = I_1(i) - \phi w_1^T - \kappa_T. \tag{4.9}$$

Les recettes de la firme produisant la variété i dépendant du territoire de localisation de la firme mais pas du mode d'organisation du travail choisi.

Prix et demandes d'équilibre

On pose $a = \alpha b$, $b = 1/\left[\beta + (n-1)\gamma\right]$ et $c = \left[\gamma/(\beta - \gamma)\right] b$. En intégrant la contrainte budgétaire dans la fonction d'utilité (4.6) et en résolvant la condition de premier ordre par rapport à $q(i)$ on obtient :

$$q(i) = a - bp(i) + c\int_0^n \left[p(j) - p(i)\right] dj, \tag{4.10}$$

Le paramètre a exprime la désirabilité du bien différencié par rapport au numéraire. Lorsque a augmente, la quantité demandée de toutes les variétés

du bien différencié augmente. Le paramètre b mesure la sensibilité des consommateurs au prix. Plus b est élevé plus le prix de la variété i a d'impact sur la quantité demandée de cette variété. Quant au paramètre c, il mesure le degré de différenciation entre les variétés. Lorsque c est très grand (c tend vers l'infini), les variétés sont de parfaits substituts. Lorsque c est nul, les variétés sont indépendantes. La demande de la variété i ne dépend pas du prix des autres variétés.

On note $p_{rr}(i)$ le prix que fixe la firme localisée dans la ville r, produisant la variété i, aux consommateurs localisés dans la ville r et $p_{rs}(i)$ le prix que fixe cette même firme aux consommateurs de la ville s. L'indice des prix de toutes les variétés dans la ville r est donné par :

$$P_r = \int_0^{n_r} p_{rr}(i)di + \int_0^{n_s} p_{sr}(i)di \qquad s \neq r. \tag{4.11}$$

Les demandes pour la variété i produite dans la ville r de la part d'un travailleur de la ville r et d'un travailleur de la ville s peuvent être réécrites respectivement comme suit :

$$q_{rr}(i)di = a - (b + cn)p_{rr}(i) + cP_r, \tag{4.12}$$

$$q_{rs}(i)di = a - (b + cn)p_{rs}(i) + cP_s. \tag{4.13}$$

Sachant qu'il y a $\lambda L + l$ travailleurs dans la ville 1 et $(1 - \lambda)L$ travailleurs dans la ville 2, la firme localisée en r et produisant la variété i recevra une demande globale de la part des travailleurs de la ville r notée $Q_{rr}(i)$ et une demande globale de la part des travailleurs de la ville s notée $Q_{rs}(i)$. On a alors les équations de demandes globales suivantes :

$$Q_{11}(i) = (\lambda L + l)q_{11}(i), \tag{4.14}$$

$$Q_{12}(i) = (1 - \lambda)Lq_{12}(i). \tag{4.15}$$

$$Q_{22}(i) = (1 - \lambda L)q_{22}(i), \tag{4.16}$$

$$Q_{21}(i) = (\lambda L + l)q_{21}(i), \tag{4.17}$$

La recette de la firme établie dans la ville r produisant la variété i est donc donnée par :

$$I_r(i) = p_{rr}(i)Q_{rr}(i) + [p_{rs}(i) - \tau]\, Q_{rs}(i). \tag{4.18}$$

$p_{rr}(i)Q_{rr}(i)$ représente la recette sur le marché local et $[p_{rs}(i) - \tau]\, Q_{rs}(i)$ représente la recette sur le marché extérieur. On note que du fait de l'existence d'un continuum de firmes, chaque firme a un impact négligeable sur le marché mais que certains agrégats (ici l'indice de prix P_r) affectent toutes les firmes. Comme les variétés sont symétriques, toutes les firmes localisées dans la même ville fixent le même prix. De la même façon que Ottaviano et al. (2002), et en fixant $\tau = 1$ comme nous l'avons posé précédemment, on trouve les prix d'équilibre suivants :

$$p_{11} = \frac{2a\phi + cL(1 - \lambda)}{2c(l + L) + 4b\phi} \tag{4.19}$$

$$p_{22} = \frac{2a\phi + c(L\lambda + l)}{2c(l + L) + 4b\phi} \tag{4.20}$$

$$p_{12} = p_{22} + \frac{1}{2} \tag{4.21}$$

$$p_{21} = p_{11} + \frac{1}{2} \tag{4.22}$$

Il apparaît que le prix qui prévaut dans une ville décroît avec le nombre de firmes qui y sont localisées.

En remplaçant les prix par leur valeur dans les fonctions de demande (4.12) et (4.13) et en utilisant l'indice de prix donné dans l'équation (4.11), on obtient les niveaux de consommation d'équilibre suivants :

$$q^*_{rr} = a - bp^*_{rr} + \frac{cn_s}{2}, \tag{4.23}$$

$$q^*_{rs} = q^*_{ss} - \frac{(b+cn)}{2}. \tag{4.24}$$

Le surplus du consommateur est donné par :

$$\begin{aligned} S^*_r &= \frac{a^2 n}{2b} - a(n_r p^*_{rr} + n_s p^*_{sr}) + \frac{b+cn}{2}\left[n_r (p^*_{rr})^2 + n_s (p^*_{sr})^2\right] \\ &\quad - \frac{c}{2}(n_r p^*_{rr} + n_s p^*_{sr})^2. \end{aligned} \tag{4.25}$$

En remplaçant les prix et quantités d'équilibre dans l'équation (3.13) on obtient la recette d'équilibre d'une firme localisée en r :

$$I^*_1 = (b+cn)\left[(\lambda L + l)(p^*_{11})^2 + (1-\lambda)L(p^*_{12} - 1)^2\right]. \tag{4.26}$$

$$I^*_2 = (b+cn)\left[(1-\lambda)L(p^*_{22})^2 + (\lambda L + l)(p^*_{21} - 1)^2\right]. \tag{4.27}$$

Ces deux dernières équations dépendent de la répartition des travailleurs entre les deux villes.

Il reste à trouver les conditions pour que le commerce entre les deux villes se produise à l'équilibre. C'est le cas lorsque q^*_{rs} est positif pour n'importe quelle distribution de travailleurs. On supposera cette condition vérifiée.

Rentes foncières et détermination des salaires d'équilibre

Les rentes foncières sont des fonctions linéaires et décroissantes avec la distance au centre comme habituellement dans les modèles urbains. On suppose que la rente foncière prévalant dans le territoire r et payée par l'individu le plus éloigné du centre peut être nulle si tous les travailleurs mobiles vivent dans ce territoire r. Dans le territoire 1, la rente foncière qui s'applique au delà de la contrainte géographique (c'est-à-dire au delà de y) prend en compte le fait que les résidents de cette zone sont des télétravailleurs. On définit les rentes foncières de la manière suivante :

$$R_1(x) = t(1-\xi)(L+y-x) \tag{4.28}$$

$$R_2(x) = t(L-x) \tag{4.29}$$

On note C_1^T et C_2^{NT} les coûts urbains supportés respectivement par les télétravailleurs du territoire 1 et par les travailleurs du territoire 2. Ces coûts correspondent à la rente foncière à laquelle s'ajoute le coût de déplacement que supporte les travailleurs pour se rendre sur leur lieu de travail. Ce qui donne : $C_1^T = R_1(x) + (1-\xi)tx$ et $C_2^{NT} = R_2(x) + tx$ soit :

$$C_1^T = t(1-\xi)(L+y) \tag{4.30}$$

$$C_2^{NT} = tL \tag{4.31}$$

Les salaires d'équilibre sont déterminés par la condition de profit nul. Ainsi, les salaires d'équilibres doivent satisfaire les conditions $\pi_1^T(w_1^{T^*}) = 0$ et $\pi_2^{NT^*}(w_2^{NT^*}) = 0$. En annulant les équations (4.8) et (4.9), on obtient les salaires d'équilibre suivants :

$$w_1^{T^*} = \frac{I_1^* - \kappa_T}{\phi} \tag{4.32}$$

$$w_r^{NT^*} = \frac{I_r^*}{\phi} \tag{4.33}$$

Répartition d'équilibre des travailleurs mobiles

Les travailleurs mobiles ont le choix entre effectuer du télétravail dans le territoire 1 et travailler de manière "classique" dans le territoire 2. On cherche la répartition d'équilibre entre les deux territoires et donc entre les deux types d'organisation du travail.

La fonction d'utilité indirecte d'un individu faisant du télétravail dans le territoire 1 est donnée par :

$$V_1^T = S_1^T + w_1^T - C_1^T + \bar{q}_0. \tag{4.34}$$

La fonction d'utilité indirecte d'un individu travaillant dans le territoire 2 est donnée par :

$$V_2^{NT} = S_2^{NT} + w_2^{NT} - C_2^{NT} + \bar{q}_0. \tag{4.35}$$

Un équilibre de répartition des travailleurs mobiles survient en $\lambda^* \in [0, 1]$ lorsque la différence d'utilité $\Delta V(\lambda^*) = V_1^T - V_2^{NT} = 0$.

Afin d'alléger les notations on pose :

$$\varepsilon = 6\phi^2 b(b - 2a) + 2\phi c(L + l)(3b - 4a) + c^2(L + l)^2. \tag{4.36}$$

En remplaçant les différents termes des fonctions d'utilité indirecte et en résolvant $\Delta V(\lambda^*) = 0$ on obtient la part des travailleurs mobiles choisissant le télétravail à l'équilibre suivante :

$$\lambda^* = \frac{(L - l)}{2L} + \frac{2\phi(cL + cl + 2b\phi)^2(t\xi\phi L - \phi ty + \phi t\xi y - \xi k)}{(b\phi + cL + cl)L\varepsilon} \tag{4.37}$$

Il faut vérifié que cet équilibre est stable. Ceci est le cas si :

$$\partial(V_1^T - V_2^{NT})/\partial\lambda < 0.$$

Il faut donc que :

$$-\frac{1}{2}(b\phi + cL + cl)L\frac{\varepsilon}{\phi^2(cL + cl + 2b\phi)^2} < 0. \tag{4.38}$$

Ceci est vérifier lorsque $\varepsilon > 0$.

Proposition 20 *:*

Si $\varepsilon > 0$, alors il existe un équilibre stable dans lequel les travailleurs se répartissent à travers les deux types d'organisation du travail.

Analyse des résultats

Lorsque la qualité des systèmes de télécommunication disponibles augmente, la part des travailleurs choisissant de travailler en partie à domicile augmente ($\partial\lambda^*/\partial k < 0$). Ce résultat est logique et confirme le rôle prépondérant des progrès techniques effectués dans le domaine des télécommunications sur la diffusion du télétravail. La présence d'infrastructures de télécommunications efficaces sur un territoire est un préalable à la mise en œuvre du télétravail.

Lorsque la qualité des infrastructures de transport varie, l'effet est plus complexe ($\partial\lambda^*/\partial t$ est du signe de $\xi L + \xi y - y$). Le mécanisme en jeu est ici un arbitrage entre le coût des transports, la fréquence des trajets et la distance à parcourir pour se rendre à son lieu de travail. Dans le cadre de notre modèle, les télétravailleurs vivent relativement loin du centre d'emploi. Lorsque y est fort, la distance à parcourir est très élevée. Dès lors, si la part du travail pouvant être faite à domicile n'est pas assez élevée (ξ faible), il devient préférable de vivre dans le territoire 2 et de choisir l'organisation du travail "classique". Cet effet est renforcé si le nombre de travailleur mobile est faible (L bas), car dans ce cas, L étant un indicateur de la taille potentielle du territoire, les travailleurs pourront vivre très près du centre d'emploi dans le territoire 2 et donc minimiser la distance à parcourir pour se rendre sur leur lieu de travail.

De la même manière, un accroissement de la distance entre la zone résidentielle des télétravailleurs et le centre d'emploi (hausse de y), engendre une diminution de la part de travailleurs choisissant le télétravail($\partial\lambda^*/\partial y < 0$).

Si l'on autorise les télétravailleurs à effectuer une grand part de leur activité professionnelle à domicile (ξ grand), on constate évidemment une hausse du nombre de télétravailleurs ($\partial\lambda^*/\partial\xi > 0$). Cela correspond bien à une modélisation du mécanisme de préférence du travail à domicile mis en relief par l'enquête effectuée par Laurence Thomsin (2005) chez IBM.

La construction de ce modèle nous permet de réintégrer dans la théorie économique certains mécanismes du télétravail. La formalisation d'une partie du concept de télétravail dans le cadre d'un modèle urbain permet de mettre en avant la possibilité d'utiliser le choix de l'organisation du travail comme un paramètre endogène dans les modèles d'économie géographique. Les mécanismes qui en découlent sont intéressants au sens où ils montrent bien que le télétravail résulte d'une interaction entre transports et télécommunications. La notion de taille des territoires est également importante puisque cela va influencer la distance et le temps de trajet pour se rendre dans les centres d'emplois.

4.4 Conclusion

Dans ce chapitre nous nous sommes penchés sur la question du télétravail. Ce concept constitue une illustration majeure des enjeux relatifs à une meilleur compréhension des relations et des interactions entre transports et télécommunications. En effet, la caractéristique principale de cette organisation du travail est d'ailleurs de limiter les déplacements et d'utiliser massivement les TIC, ce qui peut être perçu comme une forme de substitution des transports par les télécommunications. De ce fait, le télétravail véhicule bien des utopies. Il est trop souvent perçu comme une solution miracle capable à la fois de contrer la désertification des zones rurales, de créer des emplois et d'améliorer la qualité de vie des travailleurs. Cette perception optimiste du télétravail n'est pas complètement fausse mais il faut la nuancer afin d'éviter à la fois de devenir des "marchands de rêves" auprès des employés mais aussi de retomber dans les travers que nous avons dans le Chapitre 1 en s'engouffrant dans une vision trop déterministe et de ce fait quelque peu simpliste et naïve. Comme nous l'avons vu, la notion même de télétravail est difficile à appréhender du fait de la multiplicité des définitions du télétravail. Les effets du travail à distance

ne sont, quant à eux pas encore complètement connus et continuent de faire débats.

On peut cependant noter que dans l'ensemble, les différentes études attribuent des possibilités séduisantes au télétravail (meilleur cadre de travail, suppression du temps passé dans les transports, organisation du travail plus adaptée à son rythme de vie...). Toutefois, il ne faut pas éluder les problèmes de "passagers clandestins et de sélection adverse" mis en évidence dans la théorie des contrats ainsi que la question des risques d'isolement, de marginalisation et de stress. Certains opposants au travail à distance redoute même que cette nouvelle organisation des modes de travail passe rapidement d'une possibilité de travailler n'importe où et n'importe quand à un moyen de faire travailler partout et tout le temps.

Au niveau des développement théorique, on a vu que c'est dans la théorie des contrats que le télétravail s'est positionner comme sujet à questionnement. Ce champ de recherche, était d'ailleurs, jusque là, l'un des seuls à avoir intégré le télétravail dans un cadre formalisé. Or, cette thématique semblait pouvoir s'insérer pleinement dans les modèles d'économie géographique. C'est pour cela que nous avons intégrer cette possibilité pour les salariés d'effectuer une part de leur travail à domicile dans un modèle du même type que celui développé dans le Chapitre 3. Ce modèle peut être vue comme une première intégration du télétravail dans un cadre d'économie géographique formalisé. Il permet d'expliciter certains mécanismes régissant les interactions entre transports, télécommunications et mise en œuvre du télétravail.

4.5 Annexes

4.5.1 Compléments à la présentation du modèle de Gao et Hitt

Présentation du Cas n°4

Cas n°4 : le niveau d'effort est partiellement observable et les incitations contractuelles sont basées sur des critères objectifs et subjectifs.

On suppose ici qu'en plus d'une mesure objective, le principal et les agents peuvent mesurer subjectivement le niveau d'effort. On cherche alors à savoir si cette mesure subjective peut-être utilisée pour obtenir une production plus efficace.

Suivant la formulation de Baker et al. (1994), cette mesure subjective prend la forme de ϵt, où ϵ est une variable aléatoire positive avec $E(\epsilon) = 1$. Cette mesure est imparfaite lorsque $Var(\epsilon) > 0$. Le travailleur peut observer ϵ alors que le manager ne peut percevoir que ϵh. le manager va utiliser cette *"perception"* pour offrir un bonus $\epsilon h\beta$, avec β un taux de bonus.

Pour les agents travaillant au bureau, le programme de maximisation est le suivant :

$$\max_h s + \mu h a + \epsilon h \beta - C(h + b/\theta).$$

La solution optimale est alors :

$$h = \frac{\mu a + \theta\beta}{2\gamma} - \frac{b}{\theta}.$$

Le principal doit alors fixer le taux horaire a et le taux de bonus β.

Intuitivement, si $Var(\mu) = 0$ (ce qui représente une mesure objective parfaite), le principal fixera $a = p$ et $\beta = 0$, pour obtenir le niveau de production optimal sans utiliser les critères d'évaluation subjectifs.

De même, si $Var(\beta) = 0$, le principal fixera $a = 0$ et $\beta = p$, pour obtenir le niveau de production optimal en utilisant uniquement les critères d'évaluation subjectifs.

Conclusion générale

Bilan

En s'appuyant sur un ensemble de travaux théoriques et empiriques variés, cette thèse met en évidence l'importance de la prise en compte conjointe des transports et des télécommunications pour traiter des problématiques soulevées dans le cadre de l'économie géographique.

Pour cela, dans le premier chapitre, nous sommes partis d'études portant sur la question des relations entre transports et télécommunications, et plus précisément sur la possibilité ou non de voir le monde virtuel (renforcé par l'évolution exceptionnelle des services liés aux TIC) remplacer le monde réel engendrant de ce fait une diminution extrêmement forte de la nécessité de se déplacer.

Ces travaux montrent bien la difficulté à bien appréhender à la fois les relations entre transports et télécommunications et les effets qui découlent de leurs interactions. En effet, alors que, jusque dans les années 90, la grande majorité des études prévoyait une substitution pure et simple des déplacements physiques par des flux virtuels, on a assisté depuis à une inversion de tendance avec une prépondérance des travaux insistant sur l'idée que les relations entre transports et télécommunications seraient plutôt de l'ordre de la complémentarité. Ceci serait dû en particulier au fait que le développement des TIC génère des opportunités nouvelles qui induiront par la suite des déplacements futurs.

Quoi qu'il en soit, ce premier chapitre permet de mettre en évidence le fait que transports et télécommunications interagissent et qu'il est nécessaire de les intégrer de manière conjointe dans les études rentrant dans le champ de l'économie géographique.

La question que nous permet de soulever ce premier chapitre est donc la suivante :

En quoi la coexistence d'infrastructures de transports et de télécommunications modifie-t-elle nos modes de vie ainsi que nos relations aux autres et à l'espace géographique ?

Cette question est à la base de notre cheminement et de la construction des chapitres 2, 3 et 4. Ces chapitres ont pour objectif de montrer que la présence simultanée d'infrastructures de transports et d'infrastructures de télécommunications peut modifier :

- les comportements concurrentiels et coopératifs des firmes (Chapitre 2),
- l'attractivité et la structure interne des territoires à travers les choix de localisation des firmes et des ménages (Chapitre 3),
- l'organisation des modes de travail avec l'émergence du télétravail (Chapitre 4).

Pour cela, nous avons adopté, dans chacun de ces chapitres, une structure commune, à savoir :

- une revue de la littérature de la thématique abordée s'appuyant sur des faits stylisés,
- une présentation des modèles formels pouvant servir de cadre d'analyse ou de réflexion,
- le développement d'un modèle formel intégrant les éléments que nous souhaitons mettre en avant.

Ce dernier aspect, contribuant à modéliser les mécanismes d'interactions entre transports et télécommunications constitue l'apport principal de cette thèse. En effet, jusqu'alors, seuls les transports étaient systématiquement pris en compte dans les modèles d'économie géographique, les télécommunications étant le plus souvent oubliées.

Cette prise en compte conjointe des transports et des télécommunications permet de mettre en relief différents mécanismes et résultats :

- Le Chapitre 2 permet de modéliser, dans un cadre à la Hotelling, la modification des mécanismes concurrentiels et des comportements de coopération entre firmes engendrée par la coexistence d'infrastructures de transports et de télécommunications. On a mis en évidence des effets variés en fonction du niveau qualitatif des deux types d'infrastructures. Ainsi, on a montré que l'intensité de l'utilisation des TIC dans le cadre du développement des activités en R&D (échanges inter-firmes et veille technologique) est dépendante du niveau qualitatif des TIC mais aussi des systèmes de transports. En particulier, on a montré que dans le cadre des relations inter-firmes, le développement qualitatif des TIC n'engendrera une hausse de l'utilisation de ces derniers que lorsque les infrastructures de transports ne sont pas de très bonne qualité. De même, au niveau des résultats du processus de concurrence, la détermination des prix va être influencée par le choix de l'intensité de l'utilisation des systèmes de télécommunications. Ceci est notamment dû au fait que l'utilisation massive des TIC permet d'obtenir de nouveaux débouchés (positionnement sur le e-commerce) ce qui permet de diminuer la pression concurrentielle.
- La formalisation que l'on développe dans le Chapitre 3, permet d'intégrer la coexistence des transports et des télécommunications dans le cadre des

modèles urbains. Elle permet notamment d'étendre le modèle de Cavailhès et al. (2007) dans le cas où les territoires sont pourvus d'infrastructures de transports et de télécommunications qualitativement différenciées. Dans notre modèle on met en évidence le fait que la structure d'un territoire dépend de la qualité des infrastructures de télécommunications relativement aux infrastructures de transports. Par ailleurs, on peut voir que le développement de la qualité des infrastructures est globalement positif en termes d'attractivité. Néanmoins, l'efficacité du développement d'un type d'infrastructure au sein d'un territoire reste dépendante de la situation initiale de ce territoire ainsi que du niveau de développement des territoires concurrents. A un niveau strictement technique, on peut noter que contrairement au modèle de Cavailhès et al. (2007), toutes les configurations de répartition de l'activité économique entre les territoires sont atteignables à l'équilibre. Ce point est intéressant car il signifie que l'on peut "jouer" sur les différentes variables pour faire ressortir des équilibres asymétriques et mesurer comment la variation d'un paramètre va impacter l'attractivité d'un territoire.

– Le modèle développé dans le Chapitre 4, permet d'intégrer l'existence du télétravail dans un cadre similaire à celui utilisé dans le Chapitre 3. Les mécanismes qui découlent de ce modèle montrent bien que le télétravail résulte d'une interaction entre transports et télécommunications. La notion de taille des territoires est également importante puisque cela va influencer la distance et le temps de trajet pour se rendre dans les centres d'emplois. L'intérêt résulte dans la mise en place d'un cadre permettant d'évaluer les effets du télétravail sur les déplacements avec en "arrière plan" les questions liées aux enjeux écologiques du télétravail. Le télétravail permettrait de se déplacer moins souvent mais, se déplacer moins souvent ne signifie pas forcément se déplacer moins loin.

Limites

Le travail effectué dans cette thèse comporte certaines limites. En particulier, le développement de modèles intégrant à la fois les transports et les télécommunications nécessite certaines hypothèses simplificatrices afin de conserver la tractabilité technique. Ainsi, dans le Chapitre 2 nous avons dû supposer que les firmes sont localisées de manière symétrique et que l'utilisation des TIC permet d'obtenir directement de nouvelles opportunités. Ce dernier point pourrait peut-être être abordé d'une autre manière afin que le marché "extérieur" soit également concurrentiel. De même, dans les Chapitre 3 et 4, nous avons dû simplifier certains points. En particulier, nous ne différencions pas le coût de déplacement selon qu'il soit d'ordre personnel ou professionnel. Cette hypothèse est posée afin ne pas ajouter un paramètre supplémentaire, ce qui permet d'obtenir des résultats plus facilement analysables.

D'une manière générale, on peut dire que ces limites d'ordres techniques sont liées à la multiplicité des variables et paramètres. L'intégration plus systématique des télécommunications en plus des transports nécessite donc l'utilisation des certaines hypothèses restrictives afin de ne pas se trouver face une modélisation qui ne soit pas tractable.

Perspectives

Cette thèse permet de mettre en exergue l'intérêt de la prise en compte conjointe des transports et des télécommunications dans les modèles d'économie géographique. Alors que les transports constituent un paramètre incontournable de cette littérature, les télécommunications sont le plus souvent négligées ou alors présentées sous un aspect ne mettant pas en relief leurs caractéristiques. Une intégration plus systématique des télécommunications en plus des transports permettrait de mieux mesurer les impacts des différents types d'infrastructures sur les différentes questions d'ordre économique qui peuvent

être soulevées. Il s'agit dans cette thèse de poser "une première pierre à cet édifice" et d'être à la base d'une réflexion plus "formalisée" sur la problématique des interactions entre transports et télécommunications.

De nombreux prolongements, d'ordres théoriques et empiriques, sont possibles sur cette problématique. Sur le plan théorique, il serait intéressant d'endogénéiser certains facteurs. Ainsi, dans le second Chapitre les relations interfirmes restent posées de manière ad-hoc et seule la répartition entre les modalités de coordination est endogénéisée. Il faudrait donc intégrer de manière endogène le choix même d'établir ou non les relations avec les firmes concurrentes ainsi que l'intensité de ces relations éventuelles.

De même, dans le Chapitre 4, il serait intéressant d'endogénéiser l'intensité du niveau autorisé de télétravail. Pour cela, il faudrait arriver, d'une certaine manière à importer dans les modèles urbains les travaux formalisés issus de la théorie des contrats.

Au delà des Chapitres développés dans cette thèse, un prolongement naturel réside dans l'élargissement de la problématique vers la question du rôle des politiques publiques quant aux investissements infrastructurels. Ainsi, l'endogénéisation des comportements gouvernementaux relativement aux investissements infrastructurels permettrait de relier attractivité, revenus fiscaux et investissements.

Au niveau empirique, de nombreuses questions restent en suspens. Ainsi, la question du niveau de substituabilité ou de complémentarité entre transports et télécommunications reste à mesurer plus précisément, tout comme l'évaluation de l'impact des investissements infrastrcuturels sur le développement du télétravail.

D'une manière générale, un complément économétrique portant sur les problématiques des différents chapitres constituerait une avancée majeure dans

l'optique d'ancrer plus fortement la question des interactions entre transports et télécommunications comme champ de recherche.

Bibliographie

Abdel-Rahman, H.M. (1994), "Economies of scope in intermediate goods and a system of cities", *Regional Science and Urban Economics*, Vol.24, pp.497-524.

Adamiak-Forte, A. (2007), "Localisation, effort en R&D et choix d'infrastructures", Premières journées Economie et Espace du GDR ASPE, Lille, 25 et 26 juin.

Aguilera, A. (2005), "Growth in commuting distances in french polyccentric metropolitan area : Paris, Lyon and Marseille", *Urban Studies*, Vol.42, pp.1537-1547.

Allain, R., Baudelle, G. et Guy, C. (2003), "Le polycentrisme en Europe, un projet pour l'Europe", Presse Universitaire de Rennes.

Almeida, P. et Kogut, B. (1999), "Localization of knowledge and the mobility of engineers in regional networks", *Management Science*, Vol.45, pp.905-917.

Alonso, W. (1964), "Location and land use", Cambridge, Mass., The M.I.T. Press.

Anas, A., Arnott, R. et Small, K.A. (1998), "Urban spatial structure", *Journal of Economic Litterature*, Vol.36, pp.1426-1464.

Anderson, S.E., Coffey, B.S. et Byerly, R.T. (2002), "Formal organizational initiatives and informal workplace practises : links to work-family conflict and job-related outcomes", *Journal of Management*, Vol.28, pp.787-810.

Apparicio, P., Dussault, G., Polèse, M. et Shearmur, R. (2007), "Infrastructures de transports et développement économique local. Etude de la relation entre accessibilité continentale et croissance locale de l'emploi, Canada, 1971-2001", Institut national de la recherche scientifique, Ubanisation, Culture et Société.

Audretsch, D. et Feldman, M. (1996), "R&D spillovers and the geography of innovation and production", *American Economic Review*, Vol.86, pp.253-273.

Audretsch, D. et Feldman, M. (1999), "Innovation in cities : science-based diversity, specialization and localized competition", *European Economic Review*, Vol.43, pp.409-429.

Autant-Bernard, C., Billand, P. et Massard, N. (2009), "Innovation et espace : des externalités aux réseaux", *Revue d'Economie Industrielle*, à paraître.

Autant-Bernard, C. et Massard, N. (1999), "Econométrie des externalités technologiques locales et géographie de l'innovation : une analyse critique", *Economie Appliquée*, Vol.52, pp.35-68.

Bailey, D.E. et Kurland, N.B. (2002), "A review of telework research : findings, new directions, and lessons for the study of modern work", *Journal of Organizational Behavior*, Vol.23, pp.383-400.

Bairoch, P. (1985), "De Jéricho à Mexico. Villes et économie dans l'histoire", Editions Gallimard, Paris.

Baker, G., Gibbons, R. et Murphy, K.J. (1994), "Subjective performance measures in optimal incentive contracts", *The Quarterly Journal of Economics*, Vol.109, pp.1125-1156.

Bakis, H. (1990), "Communications et Territoires", La Documentation Française, Paris.

Bangemann, M. (1994), "Rapport sur l'Europe et la société de l'information", *Bulletin de l'Union Européenne*, supplément 2/94.

Baranzini, A., Ramirez, V. et Ugarte-Romero, C.L. (2006), "The determinant of firm's location choice in Switzerland", *Working paper*.

Baudelle, G. et Peyrony, J. (2005), "Le polycentrisme en France cheminement d'un concept", Analyse et débats de la DATAR.

Baumont, C. et Bourdon, F. (2008), "Les nouvelles formes urbaines : entre multipolarisation et suburbanisation des emplois. Le casde la communauté d'agglomération dijonnaise (1990-1999) " *in* Rallet, A. et Torre, A. *Les nouvelles proximités urbaines*, L'Harmattan, pp.33-63.

Baumont, C. et Le Gallo, J. (2000), "Les nouvelles centralités urbaines" *in* Baumont, C., Combes, P.P., Derycke, P.H. et Jayet, H. (eds) *Economie géographique : les théories à l'épreuve des faits*, Economica, pp.211-239.

Beath, J. et Katsoulacos, Y. (1991), "The economic theory of product differentiation", Cambridge University Press.

Behrens, K. (2007), "On the location and lock-in of cities : geography vs transportation technology", *Regional Science and Urban Economics*, Vol.37, pp.22-45.

Belanger, F. (1999), "Worker's propensity to telecommute : an empirical study", *Information Management*, Vol.35, pp.139-153.

Belanger, F. et Collins, R.W. (1998), "Distributed work arrangements : a research framework", *Information Society*, Vol.14, pp.137-152.

Bellone, F. (2007), "TIC et convergence régionale : quelles recommandations normatives issues de la théorie de l'agglomération ?" *in* Rallet, A. et Torre, A. *La proximité à l'épreuve des technologies de communication*, L'Harmattan, pp.217-232.

Bertrand, J. (1883), "Théorie mathématique de la richesse sociale", *Journal de Savants*.

Bester, H., De Palma, A., Leninger, W., Thomas, J. et Von Thadden, E.L. (1996), "A noncooperative analysis of Hotelling's location game", *Games and Economic Behavior*, Vol.12, pp.165-186.

Beyers, W. et Lindhal, P. (1996), "Croissance et localisation des services aux entreprises aux Etats-Unis", *L'espace géographique*, Vol.25, pp.315-322.

Bolton, R. et Jensen, R.C. (1995), "Regional science and regional practice", *International Regional Science Review*, Vol.18, pp.133-145.

Bouba-Olga, O. et Zimmermann, J.B. (2004), "Modèles et mesures de la proximité" *in* Pecqueur, B. et Zimmermann, J.B. *Economie de proximité*, Lavoisier, Paris.

Bouzouina, L. et Mignot, D. (2007), "Les échelles de ségrégation" *in* Gaschet, F. et Lacour, C. *Métropolisation et ségrégation*, Presses Universitaires de Bordeaux, pp.63-77.

Breton, T. (1994), "Le télétravail en France : situation actuelle, perspectives de développement et aspects juridiques", La Documentation Française, Paris.

Brousseau, E. et Rallet, A. (1999), "Technologies de l'information et performances économiques", Editions du Commissariat Général du Plan, Paris.

Brunet, R. (1989), "Les villes Européennes", La Documentation Française, Paris.

Buisson, M.A., Mignot, D. et Aguilera-Belanger, A. (2001), "Métropolisation et polarités intra-urbaines : le cas de Lyon", *Revue d'Economie Régionale et Urbaine*, Vol.2, pp.271-296.

Burmeister, A. et Colletis-Wahl, K. (1997), "Les interactions production-transport-espace : quelle(s) logique(s) de proximité(s) ?", *Revue d'Economie Régionale et Urbaine*, Vol.3, pp.363-386.

Bussing, A. (1998), "Teleworking and the quality of life" *in* Jackson, P.J. et Van Der Wielen J.M. (eds) *Teleworking : International Perspectives*, Routledge, New York, pp.144-165.

Cairncross, F. (2001), "The death of distance : how the communications revolution is changing our lives", Harvard Business School Press, Boston.

Camagni, R., Gibelli, M.C. et Rigamonti, P. (2002), "Forme urbaine et mobilité : les coûts collectifs des différents types d'extension urbaine dans l'agglomération milanaise", *Revue d'Economie Régionale et Urbaine*, Vol.1, pp.105-140.

Caniëls, M. (1999), "Regional growth differentials : the impact of locally bounded knowledge spillovers", PhD Thesis, Maastricht University.

Cantos, P., Gumbau-Albert, M. et Maudos, J. (2005), "Transport infrastructures, spillover effects and regional growth : evidence of the Spanish case", *Transport Reviews*, Vol.25, pp.25-50.

Cao, X. et Mokhtarian, P.L. (2005), "How do individuals adapt their personal travel ? Objective and subjective influences on the consideration of travel-related strategies for San Francisco Bay Area commuters", *Transportation Policy*, Vol.12, pp.291-302.

Capello, R. (1994), "Towards new industrial and spatial systems : the role of new technologies", *Papers in Regional Science*, Vol.73, pp.189-208.

Carluer, F. (1999), "Trois cas archétypaux de polarisation spatio-productive : le district industriel, le milieu innovateur et le technopole", *Revue d'Economie Régionale et Urbaine*, Vol.3, pp.567-590.

Carrincazeaux, C., Lung, Y. et Rallet, A. (2001), "Proximity and location of corporate R&D activities", *Research Policy*, Vol.30, pp.777-789.

Catin, M. (2000), "Régions centrales et périphériques : externalités et économie géographique", *Revue Région et Développement*, Vol.11, pp.5-12.

Cavailhès, J., Gaigné, C., Tabuchi, T. et Thisse, J.F. (2007), "Trade and structure of cities", *Journal of Urban Economics*, Vol.62, pp.383-404.

Cervero, R. (1996), "Mixed land-uses and commuting : evidence from the american housing survey", *Transportation Research Part A*, Vol.30, pp.361-377.

Cervero, R. et Wu, K.L. (1997), "Polycentrism, commuting and residential location in the San Francisco bay area", *Environment and Planning A*, Vol.29, pp.865-886.

Charlot, S. et Duranton, G. (2006), "Les modes de communication et leurs combinaisons, quand l'espace compte toujours", *Revue Economique*, Vol.57, pp.1427-1448.

Chasseriau, A. (2008), "Les projets de régénération urbaine ou comment recréer la proximité" *in* Rallet, A. et Torre, A. *Les nouvelles proximités urbaines*, L'Harmattan, pp.181-190.

Choo, S. et Mokhtarian, P.L. (2007), "Telecommunications and travel demand and supply : aggregate structural equation models for the US", *Transportation Research Part A*, Vol.41, pp.4-18.

Claisse, G. (1997), "L'abbaye des télémythes : techniques, communication et société", Aléas.

Claval, P. (1981), "Les géographes et les réalités culturelles", *L'Espace Géographique*, Vol.10, pp.242-248.

Coase, R.H. (1937), "The nature of the firm", *Economica*, Vol.4, pp.386-405.

Combes, P.P., Mayer, T. et Thisse, J.F. (2006), "Economie Géographique. L'intégration des régions et des nations", Economica.

Cooper, C. et Kurland, N.B. (2002), "Telecommuting, professional isolation, and employee development in public and private organizations", *Journal of organizational behavior*, Vol.23, pp.511-532.

Craipeau, S. (1995), "Le télétravail : quelle alternative" *in* Musso, P. et Rallet, A. *Stratégies de communication et territoires*, L'Harmattan, Paris.

Crandall, R. (1997), "Are telecommunications facilities infrastructure ? If they are, so what ?", *Regional Science and Urban Economics*, Vol.27, pp.161-179.

Dangoisse, A. (1995), "Infrastructures économiques : éléments d'une politique de l'emploi", 3^{eme} congrès la Wallonie au futur.

D'Aspremont, C., Dos Santos Ferreira, R. et Gérard-Varet, L.G. (1996), "On the Dixit-Stiglitz model of monopolistic competition", *American Economic Review*, Vol.86, pp.623-629.

D'Aspremont, C., Gabszewicz, J.J. et Thisse, J.F. (1979), "On Hotelling's stability in competition", *Econometrica*, Vol.47, pp.1145-1150.

Demazière, C. (2000), "Entreprises, développement économique et espace urbain", Anthropos.

Deyon, P. et Frémont, A. (2000), "La France et l'aménagement de son territoire", Dexia, Editions locales de France, Paris.

DiBiaggio, L. (1999), "Apprentissage, coordination et organisation de l'industrie. Une perspective cognitive", *Revue d'Economie Industrielle*, Vol.88, pp.111-136.

Didier, M. et Prud'homme, R. (2007), "Infrastructures de transport, mobilité et croissance", La Documentation Française, Paris.

Dixit, A.K. et Stiglitz, J.E. (1977), "Monopolistic competition and optimum product diversity", *American Economic Review*, Vol.67, pp.297-308.

Duranton, G. (1999), "Distance, sol et proximité. Analyse économique et évolution urbaine" *in* Bailly, A. et Huriot, J.M. (eds) *Villes et croissance. Théorie, modèles, perspectives*, Anthropos, Chap.3.

Duranton, G. et Puga, D. (2004), "Micro-foundations of urban agglomeration economies" *in* Henderson, J.V. et Thisse, J.F. (eds) *Handbook of Regional and Urban Economics*, édition 1, Vol.4, Chap.48, pp.2063-2117. Elsevier.

Duxbury, L. et Neufeld, D. (1999), "An empirical evaluation of the impacts of telecommuting on intra-organizational communication", *Journal of Engeneering and Technology Management*, Vol.16, pp.1-28.

Ellison, N.B. (1999), "Social impacts : new perspectives on telework", *Social Science Computer Review*, Vol.17, pp.338-356.

Engel, C. et Rogers, J. (1996), "How wide is the border ?", *American Economic Review*, Vol.86, pp.1112-1225.

Fadare, O. et Salami, B.T. (2004), "Telephone uses and the travel behaviour of residents in Osogbo, Nigeria : an empirical analysis", *Journal of Transport Geography*, Vol.12, pp.159-164.

Feldman, M. (1994), "The geography of innovation", Kluwer Academic Press, Boston.

Feldman, M. et Massard, N. (2001), "Institutions and systems in the geography of innovation", Kluwer Academic Publishers.

Flichy, P. (1991), "Une histoire de la communication moderne : espace public et vie privée", La Découverte.

Ford, R. et Poret, P. (1991), "Infrastructures et productivité du secteur privé", *Revue Economique*, Vol.17, pp.69-95.

Frémond-Vanacore, A. (2004), "Réseaux de télécommunications et aménagement du territoire en France : les collectivités locales au coeur du débat", *Flux*, Vol.58, pp.20-31.

Fujita, M. (1989), "Urban Economic Theory : land use and city size", Cambridge University Press.

Fujita, M. et Krugman, P. (1995), "When is the economy monocentric ? Von Thünen and Chamberlin unified", *Regional Science and Urban Economics*, Vol.25, pp.505-528.

Fujita, M., Krugman, P. et Mori, T. (1999), "On the evolution of hierarchical urban systems", *European Economic Review*, Vol.43, pp.209-251.

Fujita, M., Krugman, P. et Venables, A.J. (1999), "The spatial economy : cities, regions and international trade", Cambridge, Mass., The M.I.T. Press.

Fujita, M. et Thisse, J.F. (2002), "Economics of agglomération. Cities, industrial location and regional growth", Cambridge University Press.

Fusulier, B. et Lannoy, P. (1999), "Les techniques de la distance", L'Harmattan, Paris.

Gabszewicz, J.J. et Thisse, J.F. (1979), "Price competition, quality and income disparities", *Journal of Economic Theory*, Vol.20, pp.340-359.

Gabszewicz, J.J. et Thisse, J.F. (1982), "Product differentiation with income disparities : an illustrative model", *Journal of Industrial Economics*, Vol.31, pp.115-129.

Gabszewicz, J.J. et Thisse, J.F. (1986), "On the nature of competition with differentiated products", *Economic Journal*, Vol.96, pp. 160-172.

Galliano, D. et Roux, P. (2006), "Les inégalités spatiales dans l'adoption des TIC : le cas des firmes industrielles françaises", *Revue Economique*, Vol.57, pp. 1449-1475.

Galliano, D., Roux, P. et Soulié, N. (2007), "La diffusion des TIC au sein des espaces ruraux : une analyse des entreprises industrielles rurales françaises" *in* Rallet, A. et Torre, A. *La proximité à l'épreuve des technologies de communication*, L'Harmattan, pp.63-89.

Gao, G. et Hitt, L.M. (2003), "The economics of telecommuting : theory and evidence", Proceedings of the 24th International Conference on Informations Systems(ICIS), Seattle.

Gaspar, J. et Glaeser, E. (1998), "Information technology and the future of cities", *Journal of Urban Economics*, Vol.43, pp. 136-156.

Gay, C. et Picard, F. (2001), "Innovation, agglomération et espace : une mise en perspective de la littérature", *Economies et Sociétés*, Vol.6, pp. 679-716.

Gensollen, M. et Laubie, A. (1995), "Le rôle des télécommunications dans le développement économique", *Annales des télécommunications*, Vol.50, pp.315-324.

Gersbach, H. et Schmutzler, A. (1999), "External spillovers, internal spillovers and the geography of production and innovation", *Regional Science and Urban Economics*, Vol.29, pp.679-696.

Gersbach, H. et Schmutzler, A. (2000), "Declining costs of communication and transportation : what are the effects on agglomerations", *European Economic Review*, Vol.43, pp.1745-1761.

Gertler, M.S. (1995), "Being there : proximity, organization and culture in the development and adoption of advanced manufacturing technologies", *Economic Geography*, Vol.71, pp.1-26.

Ghio, S. et Van Huffel, C. (2000), "L'impact des infrastructures de transport inter et intra-urbaines sur la répartition spatiale des activités dans les pays en développement", *Revue Région et Développement*, Vol.11, pp.1-20.

Gilli, F. (2001), "Les modèles urbains en économie et géographie. Approche comparée", *L'Espace Géographique*, Vol.2, pp.165-178.

Glaeser, E. et Kahn, M. (2004), "Sprawl and urban growth" *in* Henderson, J.V. et Thisse J.F. (eds) *Handbook of Regional and Urban Economics*, édition 1, Vol.4, Chap.56, pp.2481-2527. Elsevier.

Graham, S. (1997), "Telecommunications and the future of cities : debunking the myths", *Cities*, Vol.14, pp.21-29.

Graham, S. et Marvin, S. (1996), "Telecommunication and the city : electronic space, urban places", Londres, Routledge.

Griffith, R., Lee, S. et Van Reenen, J. (2007), "Is distance dying at last ? Falling home bias in fixed effects models of pattent citations", *CEPR Discussion Paper*, Vol.818.

Griffith, R., Redding, S. et Simpson, H. (2009), "Technological catch-up and geographic proximity", *Journal of Regional Science*, Vol.49, pp.689-720.

Grimaud, A. et Laffont, J.J. (1989), "Existence of a spatial equilibrium", *Journal of Urban Economics*, Vol.25, pp. 213-218.

Haddon, L. et Brynin, M. (2005), "The character of telework and the characteritics of teleworkers", *New Technology, Work and Employment*, Vol.20, pp.34-46.

Hamblin, H. (1995), "Employee's perspectives on one dimension of labour flexibility : working at a distance", *Work, Employment and Society*, Vol.9, pp.473-498.

Hamer, R., Kroes, E. et Van Oostroom, H. (1991), "Teleworking in the Netherlands : an evaluation of changes in travel behaviour", *Transportation*, Vol.4, pp.365-382.

Harrigan, J. et Venables, A.J. (2006), "Timeliness and agglomeration", *Journal of Urban Economics*, Vol.59, pp.300-316.

Harvey, A.S., Taylor, M.E., Ellis, S. et Aas, D. (1997), "24-hour society and passenger travel", Final report, Halifax.

Haskel, J. et Wolf, H. (2001), "The law of one price - A case study", *Scandinavian Journal of Economics*, Vol.103, pp.545-558.

Heinonen, V. (1998), "Les expériences récentes de télétravail et leurs effets sur les transports", Helsinki, VTT-ITPS.

Helsley, R.W. et Strange, W.C. (2007), "Agglomeration, opportunism, and the organization of production", *Journal of Urban Economics*, Vol.62, pp.55-75.

Henderson, J.V. (1974), "The size and type of cities", *American Economic Review*, Vol.64, pp.640-656.

Henderson, J.V. et Mitra, A. (1996), "The new urban landscape : developers and edge cities", *Regional Science and Urban Economics*, Vol.26, pp.613-643.

Hislop, D. et Axtell, C. (2007), "The neglect of spatial mobility in contemporary studies of work : the case of telework", *New Technology, Work and Employment*, Vol.22, pp.34-51.

Hjorthol, R.J. (2002), "The relation between daily travel and use of the home computer", *Transportation Research Part A*, Vol.36, pp.437-452.

Holmstrom, B. et Milgrom, P. (1991), "Multitask principal-agent analyses : incentive contracts asset ownership, and job design", *Journal of Law, Economics and Organization*, Vol.7, pp.24-52.

Hotelling, H. (1929), "Stability on competition", *Economic Journal*, Vol.39, pp.41-57.

Huriot, J.M. et Perreur, J. (1990), "Distances, espaces et représentations. Une revue", *Revue d'Economie Régionale et Urbaine*, Vol.2, pp.197-237.

Imbert, J. et Legoherel, H. (1970), "Histoire économique des origines à 1789", PUF, Paris.

Jaffe, A.B. (1989), "Real effects of academic research", *American Economic Review*, Vol.79, pp.697-970.

Jancovici, J.M. (2000), "Note de synthèse sur le télétravail", Secrétariat d'Etat à l'Industrie, Paris.

Janelle, D.G. (1995), "Metropolitan expansion, telecommuting and transportation" *in* Hanson,S.(eds) *The geography of urban transportation*, New-York, Guilford Press.

Jonas, O. (2001), "Territoires numeriques", CERTU.

Kamien, M.I., Muller, E. et Zang, I. (1992), "Research joint-ventures and R&D cartels", *American Economic Review*, Vol.82, pp.1293-1306.

Kamien, M.I. et Zang, I. (2000), "Meet me halfway : research joint-ventures and absorbtive capacity", *International Journal of Industrial Organization*, Vol.18, pp.995-1012.

Kraut, R.E. (1989), "Telecommuting : the trade-offs of home work", *Journal of Communication*, Vol.39, pp.19-47.

Krugman, P. (1991), "Increasing returns and economic geography", *Journal of Political Economy*, Vol.99, pp.483-499.

Krugman, P. (1993), "First nature, second nature and metropolitan location", *Journal of Regional Science*, Vol.33, pp.110-122.

Krugman, P. (1995), "Development, geography, and economic theory", Cambridge, Mass., The M.I.T. Press.

Kurland, N.B. et Bailey, D.E. (1999), "Telework : the advantages and challenges of working here, there, anywhere, and anytime", *Organizational Dynamics*, Vol.28, pp.53-68.

Kurland, N.B. et Egan, T.D. (1999), "Telecommuting : justice and controle in the virtual organization", *Organization Science*, Vol.10, pp.500-513.

Laborde, P. (1992), "Les espaces urbains dans le monde", Nathan-Université.

Lai, F.C. et Tsai, J.F. (2004), "Duopoly locations and optimal zoning in a small open city", *Journal of Urban Economics*, Vol.55, pp.614-626.

Largier, A. (2001), "Le télétravail. Trois projets pour un même objet", *Réseaux*, Vol.106, pp.201-229.

Lenz, B. et Nobis, C. (2007), "The changing allocation of activities in space and time by the use of ICT, fragmentation as a new concept and empirical results", *Transportation Research Part A*, Vol.41, pp.190-204.

Lindstrom, J., Moberg, A. et Rapp, B. (1997), "On the classification of telework", *European Journal of Information Systems*, Vol.6, pp.243-255.

Lund, J.R. et Mokhtarian, P.L. (1994), "Telecommuting and residential location : theory and implications for commute travel in the monocentric metropolis", *Transportation Research Record*, Vol.1463, pp.10-14.

Lung, Y. (1997), "Organisation spatiale et coordination des activités d'innovation des entreprises", Rapport final pour le CGP IERSO, Université de Bordeaux *IV*.

Lyons, G.D. (2002), "Internet : investigating new technology's evolving role, nature and effects on transport", *Transport Policy*, Vol.9, pp.335-346.

Lyons, G.D., Hickford, A. et Smith, J.C. (1998), "The nature and scale of teleworking's travel demand impacts : insights from a U.K. trial", *in* Suomi, R. et al. (eds) *Teleworking environments*, Proceedings of thr Third International Workshop on Telework, Turku, Finland, pp.312-330.

Machlup, F. (1983), "Semantic quirks in studies of information", *in* Machlup, F. et Mansfield, U. (eds) *The study of information : interdisciplinary messages*, John Wiley & Sons, pp.641-671.

Mai, C. et Peng, S. (1999), "Cooperation and competition in a spatial model", *Regional Science and Urban Economics*, Vol.29, pp.463-472.

Malecki, E.J. (1987), "The R&D location of the firm and creative regions : a survey", *Technovation*, Vol.6, pp.205-222.

Malecki, E.J. (1996), "Technology in urban and rural development : issues raised by telecommunications", North American Meetings of the International Regional Science Association, Washington.

Mangolte, P.A (1997), "La dynamique des connaissances tacites et articulées : une approche socio-cognitive", *Economie appliquée*, Tome L n°2, pp.105-134.

Marshall, A. (1890), "Principles of economics", McMillan, London.

Massot, M.H. (1995), "Transports et télécommunications", INRETS.

McCloskey, D.W. et Igbaria, M. (1998), "A review of the empirical research on telecommuting and directions for future research", *in* Igbaria, M. et Tan, M. (eds) *The virtual workplace*, Hershey, PA : Idea Group, pp.338-358.

McKinnon, J. et Mills, E.S. (1973), "Notes on the new urban economics", *Bell Journal of Economics*, Vol.4, pp.593-601.

McMillen, D. et Smith, S. (2003), "The number of subcenters in large urban areas", *Journal of Urban Economics*, Vol.53, pp.321-338.

Meier, R. (1972), "Croissance urbaine et théorie des communications", P.U.F, Paris.

Meunier, C. (1999), "Infrastructures de transport et développement. L'apport de l'économie des réseaux", *Les Cahiers Scientifiques du Transport*, Vol.36, pp.69-85.

Mieskowski, P. et Mills, E. (1993), "The causes of metropolitan suburbanization", *Journal of Economic Perspectives*, Vol.7, pp.135-147.

Mignot, D., Aguilera, A. et Bloy, D. (2004), "Permanence des formes de la métropolisation et de l'étalement urbain", INRETS.

Mignot, D., Aguilera, A., Bloy, D., Caubel, D., Madre, J.L., Proulhac, L. et Vanco, F. (2007), "Formes urbaines, mobilités et ségrégation : une comparaison Lille - Lyon - Marseille", INRETS.

Mills, E.S. (1972), "Studies in structure of the urban economy", The John Hopkins Press, Baltimore.

Mokhtarian, P.L. (1990), "A typology of relationships between telecommunications and transportation", *Transportation Research Part A*, Vol.24, pp.231-242.

Mokhtarian, P.L. (1991), "Defining telecommuting", *Transportation Research Record*, Vol.1305, pp.273-281.

Mokhtarian, P.L. (1997), "Now that travel can be virtual, will congestion virtually disappear", Special issue on Transportation of Scientific American.

Mokhtarian, P.L. (2002), "Telecommunication and travel : the case for complementarity", *Journal of Industrial Ecology*, Vol.6, pp.43-57.

Mokhtarian, P.L. et Meenakshisundaram, R. (1999), "Beyond tele-substitution : disaggregate longitudinal structural equations modeling of communication impacts.", *Transportation Research Part C*, Vol.7, pp.33-52.

Mokhtarian, P.L. et Salomon, I. (1997), "Modeling the desire to telecommuting : the importance of attitudinal factors in behavioral model", *Transportation Research*, Vol.31, pp.35-50.

Mokhtarian, P.L., Salomon, I. et Choo, S. (2005), "Measuring the mesurable : why can't we agree on the number of telecommuters in the U.S. ?", *Quality and quantity*, Vol.39, pp.423-452.

Montagné, J.C. (1995), "Histoire des télécommunications, de l'antiquité à la seconde guerre mondiale", Editions Montagné, J.C.

Nelson, R. et Winter, S. (1982), "An evolutionary theory of economic change", Belknap, Cambridge, MA.

Niles, J.S. (1994), "Beyond telecommuting : a new paradigme for the effects of telecommomunications on travel", Washington.

Nilles, J.M. (1975), "Telecommunications and organizational decentralization", *IEEE Transactions On Communication*, Vol.23, pp.1142-1147.

Nilles, J.M. (1991), "Telecommuting and urban sprawl : mitigator or inciter ?", *Transportation*, Vol.18, pp.411-432.

Nilles, J.M. (1994), "Making telecommuting happen", Van Nostrand Reinhold, New York.

Nonaka, I. (1994), "A dynamic theory of organizational knowledge creation", *Organization Science*, Vol.5, pp.14-37.

Oerlemans, L., Meeus, M. et Boeckema, F. (1999), "Innovation and space : theoretical perspectives", *ECIS Woking paper*, Vol.99.

Ogawa, H. et Fujita, M. (1980), "Equilibrium land use patterns in a non-monocentric city", *Journal of Regional Science*, Vol.20, pp.455-475.

Orlando, M.J. (2000), "On the importance of geographic and technological proximity for R&D spillovers : an empirical investigation", Federal Reserve Bank, Kansas.

Ottaviano, G.I.P. et Puga, D. (1998), "Agglomeration in the global economy : a survey of the new economic geography", *The World Economy*, Vol.21, pp.231-252.

Ottaviano, G.I.P., Tabuchi, T. et Thisse, J.F. (2002), "Agglomeration and trade revisited", *International Economic Review*, Vol.43, pp.409-436.

Papageorgiou, Y. (1990), "The isolated city state : an economic geography of urban spatial structure", Routledge, London and New York.

Pearlson, K.E. et Saunders, C.S. (2001), "There's no place like home : managing telecommuting paradoxes", *Academy of Management Executive*, Vol.15, pp.117-128.

Peng, Z.R. (1997), "The jobs-housing balance and urban commuting", *Urban Studies*, Vol.34, pp.1215-1235.

Pflüger, M. et Südekum, J. (2006), "Towards a unifying approach of the new economic geography", *Discussion Papers Series*, Vol.2256.

Phlips, L. et Thisse, J.F. (1982), "Spatial competition and the theory of differentiated markets : an introduction", *Journal of Industrial Economics*, Vol.31, pp.1-9.

Piga, C. et Poyago-Theotoky, J. (2005), "Endogeneous R&D spillovers and locational choice", *Regional Science and Urban Economics*, Vol.35, pp.127-139.

Pinsonneault, A. et Boisvert, M. (2001), "The impacts of telecommuting on organizations and individuals : a review of literature" *in* Johnson, N.J. (eds)

Telecommuting and virtual offices : issues and opportunities, Hershey USA & London UK : Idea Group Publishing, pp.163-185.

Plaut, P. (1997), "Transportation-communications relationships in industry", *Transportation Research Part A*, Vol.31, pp.419-429.

Polèse, M. (1994), "Economie urbaine et régionale. Logique spatiale des mutations économiques", Economica.

Ponsard, C. (1988), "Analyse économique spatiale", PUF, Paris.

Powell, G.N. et Maniero, L.A (1999), "Managerial decision making regarding alternative work arrangements", *Journal of Occupational and Organizational Psychology*, Vol.72, pp.41-56.

Priemus, H., Nijkamp, P. et Banister, D. (2001), "Mobility and spatial dynamics : an uneasy relationship", *Journal of Transport Geography*, Vol.9, pp.167-171.

Raghuram, S., Wiesenfeld, B. et Garud, R. (1996), "Distance and propinquity : a newway to conceptualize work", Proceedings of the Telecommuting 96 Conference, Jacksanville, Florida.

Rallet, A. et Burmeister, A. (2002), "Recherche sur la complémentarité des télécommunications et des transports et ses effets sur la localisation des activités et la mobilité des personnes", PREDIT.

Rallet, A. et Torre, A. (2004), "Proximité et localisation", *Economie Rurale*, Vol.280, pp.25-41.

Rallet, A. et Torre, A. (2007), "Etre proche est-il encore nécessaire à l'heure d'Internet" *in* Rallet, A. et Torre, A. *La proximité à l'épreuve des technologies de communication*, L'Harmattan, pp.7-18.

Rallet, A. et Torre, A. (2008), "Pourquoi les villes existent-elles ? Mérites et limites de la proximité urbaine" *in* Rallet, A. et Torre, A. *Les nouvelles proximités urbaines*, L'Harmattan, pp.7-11.

Randstad (2001), "Travailler aujourd'hui, le point de vue des travailleurs", Randstad, Bruxelles.

Rietveld, P. et Vickerman, R. (2003), "Transport in regional science : the death of distance is premature", *Papers in Regional Science*, Vol.83, pp.229-248.

Robert, M. (2001), "Déplacements et commerce. Evaluation de l'évolution de l'impact du tramway de Lyon sur le commerce", CERTU.

Rosenthal, S.S. et Strange, W.C. (2003), "Geography, industrial organization and agglomeration", *Review of Economics and Statistics*, Vol.85, pp.377-393.

Roy, W. (2004), "L'investissement public dans les infrastructures de transport est-il source de croissance endogène ?", Management and policy studies seminar on role of rail transport in the national productivity, Tunis.

Salaff, J.W. (2002), "Where home is the office" *in* Wellman, B. and Haythornthwaite, C. (eds) *The Internet in everyday life*, Malden, MA : Blackwell Publishing, pp.464-495.

Salanie, B. (1997), "The economics of contracts", The M.I.T. Press.

Salomon, I. (1986), "Telecommunications and travel relationships : a review", *Transportation Research Part A*, Vol.20, pp.223-238.

Salomon, I. (1998), "Technological change and social forecasting : the case of telecommuting as a travel substitute", *Transportation Research Part C*, Vol.6, pp.17-45.

Samuelson, P.A. (1952), "Spatial price equilibrium and liear programming", *American Economic Review*, Vol.42, pp.283-303.

Sanchez-Robles, B. (1998), "Infrastructure investment and growth : some empirical evidence", *Contemporary Economic Policy*, Western Economic Association International Vol.16, pp.98-108.

Sarzynski, A., Hanson, R. et Wolman, H. (2005), "All centers are not equal : an exploration of the polycentric metropolis", *GWIPP Working Papers Series*, Vol.015.

Sasaki, K. (1990), "The establishment of subcenters and urban spatial structure", *Environment and Planning A*, Vol.22, pp.369-383.

Savy, M. (1998), "TIC et territoire : le paradoxe de localisation", *Les Cahiers Scientifiques du Transport*, Vol.33, pp.129-146.

Saxenian, A. (1991), "The origins and dynamics of production networks in Silicon Valley", *Research Policy*, Vol.20, pp.423-437.

Shaked, A. et Sutton, J. (1982), "Relaxing price competition through product differentiation", *Review of Economic Studies*, Vol.49, pp.3-13.

Schneider, S. et Rosensohn, N. (1997), "Télétravail : réalité ou espérance ?", PUF, Paris.

Schwartz, A. (1993), "Subservient suburbia : the relevance of large suburban companies on central city firms for financial and professional services", *Journal of the American Planning Association*, Vol.59, pp.288-305.

Scotchmer, S. et Thisse, J.F. (1993), "Les implications de l'espace pour la concurrence", *Revue Economique*, Vol.44, pp.653-669.

Sinai, T. et Waldfogel, J. (2004), "Geography and the Internet : is the Internet a substitute or a complement for cities", *Journal of Urban Economics*, Vol.56, pp.1-24.

Starrett, D. (1978), "Market allocations of location choice in a model with free mobility", *Journal of Economic Theory*, Vol.17, pp.21-37.

Steinmueller, E. (2000), "Will new information and communication technologies improve codification of knowledge", *Industrial and Corporate Change*, Vol.9, pp.361-376.

Sullivan, C. (2003), "What's in name ? Definitions and conceptualisations of teleworking and homeworking", *New Technology, Work and Employment*, Vol.18, pp.158-165.

Tabuchi, T. (1998), "Urban agglomeration and dispersion : a synthesis of Alonso and Krugman", *Journal of Urban Economics*, Vol.44, pp.333-351.

Taskin, L. (2003), "Les enjeux du télétravail pour l'organisation", *Reflets et perspectives*, Vol.42, pp.81-94.

Thery, G. (1994), "Les autoroutes de l'information", La Documentation Française, Paris.

Thisse, J.F. (1996), "Science régionale et économie géographique : matériaux pour un rapprochement", *Revue d'Economie Régionale et Urbaine*, Numéro spécial, pp.673-694.

Thisse, J.F. (1997), "L'oubli de l'espace dans la pensée économique", *Revue Région et Développement*, Vol.6, pp.1-29.

Thomsin, L. (2005), "Télétravail : enseignements tirés d'un observatoire topique (cas d'une filiale belge d'une multinationale)", *Innovations*, Vol.22, pp.99-120.

Tietze, S. et Musson, G. (2002), "When home meets work : temporal flexibility as lived experience", *Time and Society*, Vol.11, pp.315-334.

Tirole, J. (1988), "The theory of industrial organization", Cambridge, Mass., The M.I.T. Press.

Torre, A. et Gilly, J.P. (2000), "On the analytical dimension of proximity dynamics", *Regional Studies*, Vol.34, pp.169-180.

Ungerer, H. (1988), "Télécommunication et Europe", Perspectives Européennes.

Von Thünen, J. (1826), "Der isolierte Staat in Beziehung auf Landwirtschaft and Nationalökonomie", Perthes, Hamburg.

Wang, D. et Law, F.Y.T. (2007), "Impacts of Information and Communication Technologies (ICT) on time use and travel behavior : a structural equations analysis", *Transportation*, Vol.34, pp.513-527.

Webber, M. (1964), "The urban place and the nonplace urban realm" *in* Weber, M. et *al.* (eds) *Exploration into urban structure*, University of Pennsylvania Press, Philadelphie.

Williamson, O.E. (1975), "Markets and hierarchies : analysis and antitrust implications", Free Press, New York.

Williamson, O.E. (2000), "The new institutional economics : taking stock, looking ahead", *Journal of economic literature*, Vol.38, pp.595-613.

Zenou, Y. (2000), "Externalités spatiales, économies d'agglomération et formation endogène d'une ville monocentrique", *Annales d'Economie et de Statistique*, Vol.58, pp.233-251.

Zucker, L.G., Darby, M.R. et Brewer, M.B. (1998), "Geographically localized knowledge : spillovers or markets", *Economic Inquiry*, Vol.36, pp.65-86.