

Hierarchie de places centrales V.S. Hierarchie de réseaux

Une revue de la littérature

Mlle Lalanne Aurélie
aurelie.lalanne@u-bordeaux4.fr

L'organisation du système hiérarchique urbain se base sur un élément fondamental de la science régionale : la théorie des places centrales. Cette théorie propose une organisation hiérarchique des villes dans l'espace en se basant sur deux principes : *le principe de marché* et *le principe de transport*. *Le principe de marché* attribue à chaque place du système une aire de marché en fonction des biens et services caractérisant les différents niveaux de la hiérarchie. Plus le niveau hiérarchique est bas, plus l'aire de marché sera réduite. La concurrence entre les centres a donc pour conséquence une régularité de l'espacement des villes et une régularité de la distribution des activités économiques. L'importance de la distance est révélée à travers *le principe de transport*. Celui-ci considère en effet que les métropoles sont reliées entre elles par six routes principales et sont accessibles par les villes secondaires grâce à six routes secondaires. Les villes secondaires se localisent au milieu de ces routes les positionnant ainsi à équidistance des différentes métropoles. Ces principes confèrent donc à la distance physique entre les villes un rôle majeur dans le développement et la localisation des activités. La théorie des places centrales souffre néanmoins de quelques défaillances.

D'une part, alors que prévalent les théories de Christaller et de Lösch comme éléments fondamentaux de la perception de l'organisation du système urbain, les phénomènes de métropolisation et de globalisation nous obligent à constater que des relations de réseaux, échappant donc à ces théories, se développent de façon importante. Les fonctions et tâches sont divisées entre les villes appartenant à un même réseau. La configuration spatiale se base davantage sur une logique de coopération entre les villes faisant naître une lecture polycentrique au-delà de la lecture monocentrique de la théorie des places centrales. Le rapport ESPON 111 (2004) nous le rappelle : « Polycentricity has two aspects. The first relates to morphology, i.e. the distribution of urban areas in a given territory (number of cities, hierarchy, distribution). The second concerns the relations between urban areas, i.e. the networks of flows and cooperation. These flows are generally related to proximity, though networks can also be independent of distance » (p.3). Meijers (2007) se demande si les logiques d'expansion de certaines activités de façon polycentrique obéissent aux règles de la théorie des places centrales ou plutôt aux règles du nouveau paradigme de réseau. Baumont et al. (2002) soulignent l'intérêt de mesurer les effets de la proximité spatiale, mais concluent que si les formes de dépendance spatiale liées à la contiguïté sont souvent explorées, une piste concernant les formes de dépendance liés à la distance et aux réseaux est à essarter. « The network paradigm » dont Pred a la paternité depuis 1973 vient bouleverser les concepts de places centrales. Par ailleurs, Veltz (2001) se demande si le paradigme du réseau vient s'opposer au paradigme de la hiérarchie. Cette opposition a été soulignée par Batten (1995) qui écrit « urban theories remains preoccupied with the monocentric model. Nevertheless, the evidence against such an oversimplification is steadily growing » (p.314). Camagni (1992) appuie également cette idée en prétendant que les systèmes de villes dans les pays avancés peuvent de moins en moins s'assimiler à une hiérarchie « gigogne ». Les principes gravitationnels sur lesquels s'appuient la théorie des places centrales doivent être revisités afin de mieux rendre compte d'une réalité émergente : les relations de réseaux affranchies de la distance.

D'autre part, l'un des éléments structurants de la théorie des places centrales est le rôle important accordé à la distance physique entre les villes. En effet, cette distance est un élément majeur dans la compréhension de la disposition des villes les unes par rapport aux autres et permet également d'apprécier le rôle respectif de chaque ville au sein du système ainsi que leurs fonctions.

Dans notre article, nous entendons le terme « distance » dans son acception primaire, c'est-à-dire que nous limitons à une étude de la proximité physique euclidienne. Nous excluons donc d'autres formes de proximité.

Comme le signale Frances Cairncross en 1997 en vertu du développement des nouvelles technologies de communication, « *the death of the distance* » semble remettre en cause toutes les idées préconçues sur la distance et son impact. Récemment, quelques études soulignent la croissance rapide de zones éloignées des grandes aires métropolitaines (Gordon et al. 1998, USDA, 2006) impliquant par là même que si la distance était importante autrefois, elle ne l'est peut-être plus autant aujourd'hui. Comme le soulignent Dobkins et Ioannides (2001) et Partridge (2008), il y a peu d'études qui se concentrent sur le rôle de la distance au sein d'une hiérarchie et sur les interactions spatiales entre les villes, alors qu'elles constituent aujourd'hui un questionnement majeur sur lequel il convient de s'attarder. Ioannides et al. (2007) s'intéressent d'ailleurs à la question de cette distance et des interactions spatiales¹ tout en considérant que leurs travaux en appellent de supplémentaires. Les questions relatives au rôle de la distance entre les villes et aux effets de cette distance sont donc importantes au moins pour trois raisons : d'abord parce que la théorie lui confère un rôle majeur, ensuite parce que la littérature manque d'études à ce propos et enfin parce que le contexte actuel soulève la question du rôle de la distance géographique.

Une littérature prolixe sur le renouveau des lois organisatrices de la hiérarchie urbaine atteste de l'intérêt croissant porté à l'opposition entre hiérarchie « christallérienne » et hiérarchie de réseau. Cette nouvelle façon d'appréhender la distance au sein de la hiérarchie confronte donc une hiérarchie de pôles propre à la théorie des places centrales où les stocks constituent le principal élément de mesure et une hiérarchie dynamique, de réseau, où les flux revêtent de l'importance. Le sociologue Tarrius (2002) parle de « territoire circulatoire » en rupture avec la hiérarchie figée et polarisée telle que Christaller la conçoit. Une perception conflictuelle apparaît donc entre le « territoire de stocks » et le « territoire de réseaux et de flux ».

Face à cette modification du fonctionnement de la hiérarchie urbaine, nous nous interrogeons donc sur les différentes méthodes utilisées pour étudier la croissance des villes.

Comment ce changement de fonctionnement au sein de la hiérarchie a-t-il été pris en compte dans les méthodologies visant à étudier les trajectoires de croissance des villes au sein d'un système hiérarchique urbain?

Il semble nécessaire de faire le point et de recenser les différentes méthodes que les auteurs ont pu mobiliser pour souligner l'existence ou les effets de ces relations de réseau ainsi que les données utilisées. L'intérêt de cet article est donc de percevoir les changements et les évolutions en cours quant aux méthodes et aux données. Cet article s'articulera donc autour de deux points. D'une part, une première partie qui reprend les outils déjà bien connus de la littérature pour mesurer les effets des relations de proximité physique. Ces mêmes outils semblent s'adapter au changement de fonctionnement qui émerge dans la hiérarchie.

¹ Il s'agit des villes des Etats-Unis entre 1900 et 1990.

D'autre part, une seconde partie où nous admettrons que la mise en place de ce fonctionnement en réseau complexifie la lecture et l'appréhension du système pour deux raisons essentielles : d'abord parce que les données pouvant révéler le réseau constituent une véritable pierre d'achoppement pour le scientifique, et enfin parce que certains modèles se développent tentant de prendre en compte la complexité de l'individu et des relations qu'il est capable d'établir offrant par là même une lecture du bas vers le haut de type « *bottom-up* ».

1- Adaptation des outils classiques traditionnels à l'émergence de relations de réseau

La théorie des places centrales organise l'espace selon des principes hiérarchiques et selon la distance qui sépare chaque ville. Ces deux vecteurs ont toujours été des éléments s'imposant comme des principes fondamentaux de l'organisation de la hiérarchie urbaine et se retrouvent dans la théorie des places centrales. Le principe des relations hiérarchiques en est son fondement, mais la proximité physique également puisque c'est elle qui détermine les fonctions que les villes détiennent et les aires de marché qu'elles desservent. De nombreux outils connus, utilisés et maîtrisés par les chercheurs permettent de mesurer les effets de la proximité physique. Néanmoins, de nouvelles variables interviennent dans les modèles trahissant par là même l'importance du questionnement sur ce nouveau fonctionnement en réseau au sein de la hiérarchie. Elles constituent un premier pas vers la prise en compte dans les méthodes de l'existence de ces relations de réseau.

a. Les outils connus mesurant les effets des relations de proximité physique

Les relations verticales facilitées par la proximité physique existent. C'est un fait contre lequel on ne peut pas s'ériger. Cependant, il est intéressant de synthétiser la littérature et les méthodes afin de tester le rôle de l'espace dans la croissance des villes. Les différents outils mobilisés sont connus et manipulés fréquemment par les chercheurs.

Dans un premier temps, il est indispensable de développer la littérature relative à la diffusion spatiale hiérarchique via les modèles gravitaires. En suivant, nous nous concentrerons sur la mesure de la proximité par les matrices de poids à la base de l'économétrie spatiale. Enfin, il convient également de mobiliser des travaux plus récents intégrant l'espace tels que ceux de Le Gallo (2002, 2004) et de Rey (2001). Leur utilisation de la modélisation par les chaînes de Markov spatialisées est un moyen d'augurer des effets de l'espace et de la proximité du voisinage sur la croissance des villes et sur leur position dans le système hiérarchique urbain.

i. Diffusion spatiale et modèle gravitaire d'interactions spatiales

Hägerstrand en 1952 est le premier à développer une approche nomothétique de la diffusion spatiale des innovations. Cette diffusion spatiale nous éclaire sur la structuration du système hiérarchique urbain. Les processus de diffusion spatiale procède par contagion selon Saint Julien (1995) , et les probabilités de diffusion entre deux zones diminuent largement avec la distance. Les probabilités d'être « contaminé » par une innovation diminue à mesure que la distance qui sépare les deux protagonistes augmente. La distance physique joue donc un rôle majeur dans la propagation des innovations et donc les potentialités de croissance sont plus fortes si une ville peut bénéficier de l'effet d'entraînement d'une grande ville à grâce à sa proximité spatiale. Il est possible de modéliser cette diffusion spatiale notamment via les modèles gravitaires. Le modèle gravitaire classique inspiré de la théorie newtonienne est un modèle macro géographique ne prenant pas en compte les comportements des individus.

Il s'agit donc d'un modèle de généralisation. Les interactions spatiales sont modélisées à une échelle macro-géographique. L'interaction spatiale fait appel aux concepts d'émissivité et d'attractivité d'une zone. Les interactions entre une zone i et j est fonction de la distance entre des deux zones d_{ij} . Les modèles gravitaires sont les premiers modèles qui interviennent dans les années 1930 avec Reilly pour expliquer les interactions entre deux zones.

Un modèle est formulé par Zipf et Stewart en 1949 de la façon suivante :

$$I_{ij} = k \frac{M_i M_j}{d_{ij}}$$

avec I_{ij} l'interaction entre i et j , M_i (resp. M_j) la masse du lieu i (j) k une constante et d_{ij} la distance entre i et j . Dans ces modèles, la masse démographique et la distance entre les villes sont les clés de la compréhension des relations entre les villes. Comme le précise Deardorff (1984): « *somewhat dubious theoretical heritage, gravity models have been extremely successfully empirically* ». Ainsi à son apparition les modèles gravitaires manquant de fondements théoriques n'ont pas eu le succès qu'ils ont aujourd'hui. Nous verrons plus loin pourquoi les modèles gravitaires sont réapparus.

Les effets de la proximité spatiale, autrement dit, le fait d'être proche d'une ville ou d'une région et de partager des frontières communes avec elle peut également être tester via les matrices de poids.

ii. Mesurer la proximité par la matrice de poids

Pour modéliser les interactions spatiales entre des unités, il est nécessaire d'imposer une structure sur l'étendue de ces interactions. En économétrie, le principe des matrices de poids permet de spécifier de manière exogène le fonctionnement des interactions spatiales au sein d'un système. Il existe plusieurs types de matrices de poids : le matrice de contiguïté et d'autres types de matrices de poids.

Les matrices de contiguïté d'ordre 1 sont les plus utilisées. Chaque terme w_{ij} (représentant la façon dont i et j sont connectés spatialement) prend la valeur 1 si les unités i et j ont une frontière commune mais prend la valeur 0 si il n'y en pas. En raison de leur simplicité, ces matrices sont souvent utilisées mais apparaissent restrictives pour ce qui est de leur définition de la connexion spatiale entre unités. En effet, les interactions sont plus ou moins fortes.

Ainsi, d'autres indicateurs peuvent être utilisés pour augurer des interactions spatiales entre deux zones.

En effet, l'irrégularité du zonage doit être prise en compte dans la mesure des frontières communes. On obtient donc :

$$W_{ij} = d_{ij}^{-a} B_{ij}^b$$

Où d_{ij} est la distance entre la zone i et j , B_{ij} la proportion de frontières partagée par les régions i et j et a et b sont des paramètres exogènes déterminés a priori.

Il existe également les matrices de poids basées sur la distance entre les unités. Autrement dit, $W_{ij} = 1$ si la distance est inférieure à un valeur seuil et zéro sinon.

La matrice des plus proches voisins permet également de donner la valeur 1 à w_{ij} si le centre de i est l'un des plus proches voisins du centre de j et 0 sinon. Le nombre des k plus proches voisins est fixé a priori.

Les différentes techniques en matière d'économétrie spatiale sont détaillées dans un ensemble d'ouvrage tels que Jayet (1993) et Anselin (1988, 2003) et Anselin et al. (2004). Ces travaux sur l'économétrie spatiale sont désormais utilisés de façon courante par les chercheurs en science régionale et urbaine. Can (1997) et Pace et Gilley (1997) ont notamment utilisé le traitement de l'auto corrélation spatiale dans les modèles hédoniques des prix immobiliers.

Egalement, Anselin et al. (1997) ont étudié les externalités spatiales d'information dues à la recherche universitaire et la R&D. Enfin, Anselin et Messner (2004) ont étudié via l'économétrie spatiale les dynamiques spatiales des homicides à travers les Etats-Unis.

Mais d'autres travaux beaucoup plus récents sur les chaînes de Markov intègrent également le rôle de la distance entre les unités pour en déterminer les effets sur les potentialités de croissance.

iii. Processus stochastiques et voisinage

La théorie des places centrales reflète la régularité statistique de la distribution de la taille des villes. En effet, les villes sont positionnées au sein de la hiérarchie en fonction de leur taille et de leurs fonctions associées. La loi de Zipf exprime cette régularité statistique : la mise en relation sur un graphique logarithmique de la taille des villes et de leur rang fait obtenir un droite presque parfaitement droite avec un coefficient directeur de -1 révélant par là même une distribution homogène de la taille des villes². D'après Gabaix (2007), les processus stochastiques sont un moyen de comprendre cette régularité statistique.

Le Gallo (2002, 2004) utilise ces processus stochastiques pour tester le rôle de la proximité avec certaines régions dans les trajectoires de croissance des régions européennes en fonction de leur produit intérieur brut (PIB) dans le temps au sein de la distribution globale. Elle utilise une modélisation par les chaînes de Markov. En effet, les études de convergence permettent uniquement d'analyser la distribution dans son ensemble et de conclure ou non en une convergence de la richesse entre les pays. Les chaînes de Markov sont un processus stochastique possédant les propriétés liées au mouvement brownien (mouvement aléatoire) et à l'hypothèse ergodique (processus sans mémoire). La distribution conditionnelle des probabilités des états futurs ne dépend que de l'état présent et non des états passés. Le recours à des analyses de convergence ne permet pas de visualiser ces mouvements et se contente d'étudier la distribution sans distinguer les trajectoires possibles. De plus, Overman et Ioannides (2001) abordent également les dynamiques intra-distribution et rappellent que les méthodes économétriques ne permettent pas de considérer l'impact à travers le temps d'une partie de la distribution sur l'autre partie de la distribution. Une telle inférence voudrait dire qu'un seul modèle doit pouvoir rendre compte de toutes les dynamiques de l'ensemble du système. Or l'économétrie de panel par exemple ne rend compte que des effets individuels. Cette modélisation par les chaînes de Markov trouve donc tout son intérêt dans l'analyse des mouvements au sein d'une même de distribution.

Depuis les travaux de Rey (2001), il est possible d'introduire l'espace dans la modélisation par les chaînes de Markov ce qui peut permettre d'envisager de conditionner différemment les probabilités de transition notamment avec le réseau et la distance des villes les unes par rapport aux autres. Le Gallo utilise la méthodologie développée par Rey en 2001. Ainsi, les probabilités de transition dans le temps sont conditionnées par la classe comportant la moyenne des PIB des régions voisines au début de l'année. En d'autres termes, ceci permet de déterminer le rôle de la localisation géographique dans la dynamique de la distribution des PIB dans le temps. Les résultats sont probants et démontrent que l'environnement géographique proche est un facteur déterminant dans l'explication des trajectoires de croissance.

Nous venons de résumer les différents outils en place et maîtrisés pour tenter de mesurer les effets de la proximité et de la distance entre deux individus. L'émergence d'un nouveau

² De nombreux auteurs ont mis en évidence ce coefficient de Zipf notamment Rosen et Resnick en 1980.

fonctionnement en réseau au sein de la hiérarchie oblige les auteurs à adapter ces outils et à intégrer de nouvelles variables pour mesurer les effets du réseau en supposant *a priori* des interactions potentielles entre certaines unités allant au-delà de la seule distance euclidienne.

b. L'adaptation de ces outils pour mesurer les effets du réseau

Les relations entre les villes se libèrent des contraintes spatiale et physique de proximité et sont de plus en plus attribuées aux réseaux. Si la théorie a su s'approprier ce nouveau concept de réseau, on ne peut pas en dire autant des analyses empiriques. Quelques études tentent de quantifier les effets des relations de réseau sur la croissance des villes ou des régions. Les outils recensés précédemment sont connus et utilisés par un grand nombre de scientifiques et ils tentent de les adapter tant bien que mal à l'émergence de relations de réseau en faisant intervenir de nouvelles variables.

Boix et Trullén (2007) ont recours à l'économétrie spatiale pour tenter de comprendre quelle est l'importance des économies de réseau par rapport aux économies d'agglomération dans les différentiels de croissance des différents types de connaissances dans les régions en fonction de matrices de contacts spatiaux. Ces matrices sont définies par les travaux de Camagni et Salone (1992). Ces derniers pensent que les externalités de réseau peuvent survenir de la transmission de connaissances spécialisées venant de la même industrie (synergie) ou d'industries différentes (complémentarité). Boix et Trullén établissent donc une première matrice de synergie et la matrice des complémentarités est la somme des matrices correspondant aux autres groupes³. Parmi les nombreuses variables explicatives, nous retrouvons les externalités de réseau qui se divisent en deux catégories : les réseaux de synergie dans lesquels les auteurs utilisent l'indice de spécialisation et le nombre de firmes exportatrices multipliés par le réseau de synergie à la période initiale et pour le réseau de complémentarité, Boix et Trullén utilisent la diversité, la population, les revenus, les autres infrastructures, la part des autres secteurs en présence multipliés par les réseaux complémentaires de chaque groupe lié à la connaissance. Il s'agit donc effectivement d'une tentative intéressante mesurant les effets de réseau.

De leur côté, Capello (2000) et Partridge et al. (2008) utilisent l'économétrie non spatialisée. Capello tente de quantifier les externalités de réseau provenant du système réticulaire. Une méthode est proposée pour mesurer ces effets de réseau au sein du « Healthy city network »⁴ et leur impact sur les performances économiques d'une ville : l'auteur a mis en place un modèle linéaire multi-varié où elle teste l'impact de la connectivité dans un premier temps puis de la connectivité et de l'intensité des liens sur les performances urbaines en termes de politiques locales dans un second temps. Il existe véritablement des externalités de réseau étant donné la valeur positive du coefficient obtenu sur la première régression. En ce qui concerne la seconde régression, Capello remarque que le degré d'intensité est positif et que le pouvoir d'interprétation est plus important avec cette variable d'intensité. Capello arrive donc à mettre en lumière l'existence d'externalités de réseau plus ou moins fortes selon la

³ Par exemple, si la variable dépendante est la croissance des services intensifs en connaissances, alors la matrice de synergie sera la matrice de réseau formée par ces services et les matrices de complémentarité seront la somme des autres matrices.

⁴ Le « Healthy city network » est un réseau européen de villes procuré par le Regional Office of Europe qui crée des liens entre les villes de différentes tailles et de différents pays qui rejoignent un programme sur la qualité de vie et la santé dans les villes dont le but est de mutualiser les efforts afin de construire une politique et un projet en faveur des activités liées à la santé. Il convient donc d'après l'auteur de mesurer la production d'externalités de réseau, c'est à dire une situation dans laquelle une ville serait économiquement affectée par les actions d'autres villes.

connectivité ou l'intensité des liens. Quant à Partridge et *al.*, la croissance de l'emploi est examinée via une régression incluant notamment la distance par rapport aux différentes villes de la hiérarchie. Pour mesurer cette distance, le principe utilisé est celui de la distance incrémentale. Autrement dit, si on analyse un aire rurale, nous allons mesurer la distance qui la sépare d'une aire un rang au dessus d'elle, puis la distance qui la sépare d'une ville encore un rang au dessus à laquelle nous allons soustraire la première distance et ainsi de suite.

Cette première partie permet d'effectuer une revue de la littérature de ce qui a pu être fait en économie urbaine et régionale pour démontrer l'existence et les effets de relations de proximité. Ces outils sont mobilisés pour tenter de quantifier les effets de réseaux de villes sur la croissance des villes. Il s'agit de modèles qui ont une approche globale du système et qui tentent d'en comprendre le fonctionnement dans son ensemble. Ces modèles sont de type « top-down ». Le réseau y est supposé *a priori* en fonction d'une structure d'activités commune ou en fonction de l'appartenance à un programme commun. Pourtant, la prise de conscience de l'émergence de ces relations, échappant aux logiques christallériennes, a considérablement complexifié la lecture et l'appréhension du système hiérarchique urbain. Si les données d'interactions potentielles sont utilisées, les données relationnelles permettant de quantifier mais également de révéler un réseau sont beaucoup plus difficile à trouver. De plus, une nouvelle lecture de la hiérarchie se met en place, de nouveaux modèles s'affirment tentant de retranscrire aussi correctement que possible toute la complexité des relations que l'individu est capable d'établir. Cette lecture du bas vers le haut de type « bottom-up » contraste avec une lecture globale.

2- Hiérarchie de réseau et complexification de l'appréhension de la hiérarchie.

Au départ, les relations entre les villes se limitaient à des relations purement hiérarchiques et déterminées par l'espace. Celui-ci définissait donc la nature de ces liens. Le développement d'une économie globalisée et des nouvelles techniques de communication autorise désormais les villes du bas de la hiérarchie à établir des liens de coopération entre elles. Il n'existe plus uniquement cette logique de subordination. Sans compter que le concept de « small worlds » du psycho-sociologue Milgram en 1967 revient sur le devant de la scène en économie avec Cowan et Jonard (1999) . Le concept établit un modèle mêlant à la fois de la proximité spatiale et non-spatiale. En effet il est à mi-chemin entre le modèle où chaque individu crée des relations avec ses voisins les plus proches et le modèle aléatoire où les relations entre les individus s'affranchissent de toute notion d'espace. Selon Watts et Strogatz (1998), les individus localisés sur un treillis de forme circulaire ont soit des connexions locales avec leurs plus proches voisins, soit des relations non-locales choisies de façon complètement aléatoire parmi l'ensemble de la population sans aucune considération spatiale. Zimmerman (2002) souligne l'existence de relations de réseau entre des agents (firmes ou villes) aux caractéristiques diverses. Ces relations s'établissent indépendamment de l'espace, ce qui tend à complexifier la mesure de ces relations de réseau et les données utilisées ne peuvent plus être les mêmes qu'autrefois. De même, le développement de ces relations hors espace tend à complexifier la lecture du système hiérarchique urbain et favorise le développement de modèles dynamiques.

a. Emergence de relations hors espace et difficultés pour les mesurer

L'émergence de ces relations hors espace favorise l'utilisation de variables différentes, des variables de flux qui sont apparues assez rapidement dans les outils classiques traditionnels évoqués dans la première partie.

i. Emergence d'un nouveau type de données : les données relationnelles

La notion de stocks ne permet pas toujours de percevoir le mouvement qui s'opère entre deux zones. Les outils utilisés traditionnellement se voient compléter par l'insertion de ces données de flux, des données relationnelles. Dans un premier temps, c'est dans le domaine de la logistique que les changements sont notables. La mesure des performances des réseaux de transport connaît de nombreuses mutations et la volonté est de trouver les approches les plus réalistes possible et de rompre avec les mesures statiques. Scott et al. (2006) mettent en place un nouvel indice de mesure permettant de révéler les performances des réseaux de transport et les liens critiques trop congestionnés. L'indice utilisé en règle générale était un rapport entre le volume et la capacité des réseaux. Les auteurs se proposent de le remplacer par un indicateur qui prend en compte les flux et la topologie de la totalité du réseau.

On retrouve également ces flux dans le domaine de l'économie urbaine avec Damette (1994) qui relativise et assouplit la notion de « hiérarchie urbaine ». En effet, il « dessine une France relationnelle » en utilisant le trafic de voyageurs de la SNCF et les liaisons téléphoniques. De la même façon Camagni et Salone (1993) ont utilisé les liaisons téléphoniques pour révéler des réseaux au sein de la Lombardie.

En économétrie spatiale, Aten (1996) a utilisé les matrices de poids dont le principe a été expliqué plus haut. Mais les éléments des matrices ont perdu toute référence à la localisation géographique des données. Il utilise une matrice de flux commerciaux pour étudier l'auto corrélation spatiale dans les prix internationaux.

Enfin, les modèles gravitaires d'interactions spatiales qui ont longtemps été considérés sans fondement théorique retrouvent toute leur jeunesse aujourd'hui étant donné le contexte dans lequel nous nous trouvons. Pour cause, le contexte international se caractérise par des mouvements d'intégration commerciale et monétaire à différentes échelles géographiques. De plus, les pays et les régions étudiées ne sont plus considérées comme des points dans l'espace mais leur localisation relative compte de plus en plus. De nombreux auteurs tels que Tinbergen (1962) et Frankel et Wei (1993) ont repris ces modèles en particulier dans le domaine de l'économie du commerce international en utilisant non plus des masses mais plutôt des flux pour tenter de mesurer les liens existants entre différents pays. Dans la lignée de ces travaux, McCallum (1995) utilisent les exportations et les importations entre villes pour déterminer la prégnance des frontières nationales entre le Canada et les Etats-Unis.

Des données de stocks ou des données de flux, il devient compliqué de savoir ce qu'il convient d'utiliser.

ii. Quelles données utiliser ?

Le débat sur les données dans un contexte où les relations de réseau se développent est un vrai débat de fond sur lequel des auteurs tels que Beaverstock et al. (2000) écrivent : « An Achilles heel of world city research is the lack of available data that quantifies the changing position of cities in the world city system and hierarchy » (p.43). Néanmoins, deux approches se développent pour palier, tant bien que mal, ce problème. Ces deux approches portent sur le trafic aérien d'une part et les firmes de l'autre. Les deux approches, l'une infrastructurelle et

l'autre basée sur les entreprises, apportent des informations précieuses sur les données, leur disponibilité et leur biais.

Pour Derudder, Witlox et Taylor (2007), l'un des principaux problèmes pour mesurer les effets des relations de réseau reste effectivement sans conteste les données. Cartographier l'ampleur des relations entre les villes devient donc compliqué et nécessite la plupart du temps un exercice délicat de constructions spécifiques de données. Dans cet article, les auteurs ont entrepris d'utiliser des données déjà existantes : les stratégies d'implantation des entreprises multinationales. Grâce à ces données, ils mettent au point une nouvelle façon de cartographier les réseaux, les liens entre les villes du monde. Un système de scores est mis en place attribuant à chaque ville des points selon la présence de fonctions, puis une matrice relationnelle est déterminée en se basant sur une équation de relations⁵. Alderson et Beckfield (2004) utilisent eux aussi des données sur les firmes multinationales. Des auteurs tels que Beaverstock et al. (2000) se basent sur la ville mondiale à la Sassen et étudient entre autre les sociétés de services pour comprendre les liens entre les villes et les relations entre les villes du système. Si ces auteurs utilisent des données relatives aux entreprises (multinationales ou un secteur particulier comme les services) pour définir les relations entre les villes, d'autres préfèrent l'approche infrastructurelle quand bien même l'utilisation de ces données, quoique plus facile à obtenir, présentent plusieurs inconvénients. En effet, les informations sur le trafic aérien notamment peuvent fournir des informations, non pas simplement que sur la ville, mais surtout sur la région dans sa totalité.

Derudder et Witlox (2005, 2008) cherchent donc à savoir si le trafic aérien peut constituer une base de données intéressante pour analyser les réseaux entre les villes. Plusieurs auteurs ont dénombré un certain nombre de qualités à ces données. Tout d'abord elles sont faciles à obtenir. De plus, le trafic aérien s'impose assez facilement comme manifestation des relations de réseau. Il faut également considérer que de nombreuses activités nécessitent encore des contacts « face-to-face », donc l'avion permet aux individus de se rencontrer, alors que les communications téléphoniques ou les contacts par internet ne le permettent pas. Enfin le transport aérien est le meilleur moyen de préjuger du statut de « ville mondiale ». Cependant, il existe un certain nombre de désavantages à utiliser ces données du trafic aérien comme indicateur de la connectivité d'une ville. Il manque souvent les villes d'origine et d'arrivée dans les données. De plus, ces données peuvent entraîner une forme de « *state-centrism* ». Autrement dit, les flux internationaux de passagers ne permettent pas une analyse globale urbaine. En effet, les flux entre villes d'un même pays qui peuvent être très importants ne sont parfois pas révélés avec ces bases de données qui préfèrent mettre en lumière les flux entre états différents. Ainsi Rimmer en 1998 remarque que certains flux très importants au sein des Etats-Unis comme Los Angeles-New York ne sont pas pris en compte alors que, par exemple, Dublin-Londres est intégré dans les flux. Les flux sont donc plus internationaux que globaux.

⁵ . Pour établir l'élément relationnel dans la matrice obtenu précédemment, les auteurs se basent sur une équation qui définit la relation entre les villes *a* et *b* pour la société *j*. L'équation est la suivante :

$$r_{ab,j} = v_{aj} \cdot v_{bj}$$

Où $r_{ab,j}$ correspond à la relation entre la ville *a* et la ville *b* via les activités dans l'entreprise *j*, v_{aj} correspond à l'importance de l'activité *j* dans la ville *a* et v_{bj} correspond à l'importance de l'activité *j* dans la ville *b*. Les résultats démontrent que chaque ville est connectée à un hintermonde mais avec une intensité plus ou moins forte. Les résultats sont intéressants et peuvent nourrir le débat qui nous anime dans cet article. En effet, les auteurs remarquent que Paris est une ville mondiale tandis que Lyon est beaucoup moins connectée au reste du monde. Cela signifie que Lyon est une ville dont les relations sont déterminées par la distance alors qu'elle ne joue aucun rôle sur les relations que peut entretenir Paris.

Un autre problème provient de l'incapacité des données à différencier la nature des liens. Certains aéroports sont très actifs seulement à cause de l'activité touristique. Il est intéressant de s'affranchir du tourisme dans l'analyse des flux aériens pour éviter la surestimation de certains aéroports dans le classement des villes les plus connectées au reste du monde. De plus, les bases de données de ce genre ne peuvent pas fournir d'analyses dans un cadre approprié. En effet ces données n'ont pas été fournies pour décrire des relations de réseau, elles ne sont pas autant satisfaisantes que des données qui seraient prévues pour mesurer les réseaux. Tenter de mesurer des réseaux et récolter les données est un défi à relever tant bien que mal au regard du manque de données à la fois pertinentes et disponibles..

Amiel et al. (2005) et Guimerà et al. (2005) ont étudié le trafic aérien. Les premiers révèlent que le réseau aérien mondial est structuré autour de trois grands ensembles organisateurs des territoires réticulaires : les Etats-Unis, l'Europe et l'Asie. Quant aux derniers, ils ont tenté de comprendre le rôle de chaque ville dans la communauté et entre les communautés sans se limiter à leur degré de connexion, mais en distinguant dans chaque communauté les hub et les aéroports qui ne sont pas des hub. Rozenblat et Cicille (2003) utilisent entre autres le trafic de passagers des aéroports parmi de nombreuses autres variables pour comparer les villes européennes entre elles. Egalement, Cattán et al. (1994) ont utilisé le réseau aérien dans leur étude sur les échanges au sein du système de villes européen.

Finalement, pour conclure cette sous partie, la forme et l'évolution du système hiérarchique urbain ne peuvent donc pas se limiter d'après certains auteurs comme Pumain (2006) à une théorie statique comme la théorie des places centrales ; ceci étant donné la complexité des individus et étant donné les possibilités qu'a chaque ville de modifier la structure du système via ses relations de réseau. C'est pourquoi de nombreuses théories tentent d'apporter une explication plus complète. Pumain parle notamment de théories évolutives prenant en compte les capacités auto-organisatrices du système.

b. Une approche par des modèles dynamiques

Comme le précise Parr en 1981⁶ : *“A serious deficiency in the development of central-place theory has been the general lack of any systematic treatment of the question of temporal change. This deficiency has undoubtedly impaired the usefulness of central-place theory in the analysis of urban systems.”* South et Boots (1999) ont également critiqué la théorie des places centrales en la considérant comme un cas particulier des diagrammes de Voronoï. Les détracteurs de la théorie des places centrales y voient une théorie incapable de dynamiser une organisation spatiale. Pourtant devant la complexité de l'individu, il convient de prendre en considération ce dynamisme. Certains auteurs plutôt issus du courant de la géographie construisent des modèles de type « bottom-up » qui renversent la lecture des outils utilisés jusqu'à présent. Les partisans de cette lecture ascendante ont développé une méthodologie leur permettant de modéliser à partir de la complexité de l'individu pour mieux comprendre le fonctionnement du système dans son ensemble. Favaro et al. (2006) ont travaillé à identifier les différents mécanismes qui sous-tendent les différentiels de croissance dus à une connexion croissante qui existe entre les villes européennes. Les modèles mis en place pour des spécifications multi-agents sont toujours un peu complexes étant donné que ce sont des algorithmes mathématiques soumis à un processus itératif. Il y a cinq procédures successives. Le modèle se caractérise donc par une série de sept équations chacune calculée tour à tour. La simulation a été plaidée par de nombreux auteurs tels que Berry en 1964 ou encore Allen et Sanglier en 1979. Le modèle développé par les géographes se base sur différentes théories très

⁶ Parr, 1981, « Temporal change in a central-place system. », *Environment and planning*, 13A, pp.97-118.

importantes tant du point de vue de l'économie et de la géographie et sont regroupées dans un modèle EUROSIM selon une approche des systèmes multi-agents qui permet donc de simuler les dynamiques urbaines. Différentes théories sont donc regroupées : fonctions urbaines, théorie des places centrales, théorie de la base, Economie d'agglomération, dépendance au sentier et cycles d'innovation. L'objectif est donc de comprendre comment les interactions entre villes jouent un rôle et quelles sont les conséquences sur les trajectoires de croissance de celles-ci. Chaque ville (ou agent) est défini par des caractéristiques : ressources, population et force de travail, fonctions et capacité à innover, à se différencier des autres villes. D'après Favaro et al., les fonctions urbaines et les fonctions territoriales sont des activités qui relèvent de la théorie des places centrales tandis que les fonctions de réseau ne dépendent pas de la taille même si le haut de la hiérarchie est plus concerné que le bas. Eurosim est justement un modèle qui permet de s'intéresser à ces fonctions. Le modèle SimPop, développé par ces mêmes auteurs, tendait à étudier les deux éléments précédents et à démontrer que les fonctions urbaines et territoriales faisaient émerger un système de villes. Après simulation, les échanges entre villes influencent directement le taux de croissance de la ville et indirectement la répartition de la main d'œuvre dans les différents secteurs des fonctions urbaines. Il semble que l'attractivité d'une ville dépend de sa capacité à mettre en valeur sa spécialisation et entrer en compétition avec les autres villes.

La théorie des systèmes complexes permet également d'envisager le dynamisme au sein d'un ensemble en permanente évolution comme le précise Sanders (1992). Ensuite, selon Berry (1967), il est possible de relier la théorie des places centrales à la théorie des systèmes généraux. Il écrit « un système est un ensemble d'objets (par exemple de places centrales), d'attributs de ces objets (...), d'interrelations parmi ces objets (...) et parmi leurs attributs (...), enfin d'interdépendances entre les objets et leurs attributs (...) » [p.138]. Il s'agit d'une littérature qui nous ne développerons pas dans cet article dans la mesure où elle ne pourrait pas être appréhendée de façon exhaustive. Rendre compte de la réalité complexe urbaine est une volonté louable mais, aujourd'hui, les modèles inhérents ne proposent pas de solutions analytiques. Ces modèles n'ont pas une forme linéaire et doivent donc être calibrés par une procédure itérative informatiquement lourde si les individus analysés sont nombreux.

3- Conclusion :

La littérature est foisonnante quant à l'explication des effets des relations liées à l'espace et de réseau. Il est donc toujours assez délicat de mettre au clair une littérature aussi fournie.

Quoiqu'il en soit, il est possible de résumer cette revue de la littérature en soulignant deux aspects : d'une part que les outils traditionnels s'adaptent à l'émergence de ces relations de réseau en intégrant des variables supposant les interactions entre les unités étudiées, d'autre part que ce nouveau fonctionnement en réseau complexifie la lecture et l'appréhension du système hiérarchique à la fois du point de vue des données à utiliser et du point de vue des modèles dynamiques qui se mettent en place. Des données de stocks à des données de flux, d'une lecture globale à une lecture de type « bottom-up », le développement d'une nouvelle forme de relations au sein d'un système stable perturbe de façon importante les méthodes de mesure ou d'analyse de celui-ci.

Notre ambition de départ est de faire le point sur les méthodologies qui permettent de nous éclairer sur le rôle de l'espace et de la distance ainsi que du réseau sur les villes. Ceci nous permettra par la suite de mettre au point une méthodologie qui permette de répondre à de nombreuses questions relatives au rôle respectif de la distance, de l'espace et du réseau au sein du système hiérarchique urbain et de savoir si la théorie des places centrales et les logiques de proximité qui lui sont propres sont encore d'actualité dans nos systèmes urbains.

Bibliographie

Alderson, A. S. and Beckfield, J., 2004, Power and Position in the World City System, *American Journal of Sociology*, Vol. 109 (4), 811-851.

Amiel, M., Mélançon, G. and Rozenblat, C., 2005, Réseaux multi-niveaux : l'exemple des échanges aériens mondiaux de passagers, *m@ppemonde*, Vol. 79 (3),

Anselin, L., 1988, *Spatial Econometrics : Methods and Models* (Kluwer Academic Publishers), Dordrecht.

Anselin, L., 2003, Spatial Externalities, Spatial Multipliers and Spatial Econometrics, *International Regional Science Review*, Vol. 26 (2), 153-166.

Anselin, L., Florax, R. J. G. M. and Rey, s. J., 2004, *Advances in Spatial Econometrics* (Springer), Berlin.

Anselin, L., Varga, A. and Acs, Z., 1997, Local Geographic Spillovers between university research and high technology innovations, *Journal of urban Economics*, Vol. 42 (3), 422-448.

Aten, B., 1996, Evidence of spatial autocorrelation in international prices, *Review of Income and Wealth*, Vol. 42 (2), 149-163.

Batten, D. F., 1995, Network cities: creative urban agglomerations for the 21st century, *Urban Studies*, Vol. 32 (2), 313-327.

Baumont, C., Ertur, C. and Le Gallo, J., 2002, Estimation des effets de proximité dans le processus de convergence régionale : une approche par l'économétrie spatiale sur 92 régions européennes., *Revue d'Economie Régionale et Urbaine*, Vol. 2 203-216.

Beaverstock, J. V., Smith, R. G., Taylor, P. J., Walker, D. R. F. and Lorimer, H., 2000, Globalization and world cities: some measurement methodologies, *Applied Geography*, Vol. 20 (1), 43-63.

Berry, B. J. L., 1967, *Géographie des marchés et du commerce de détail* (Armand Colin), Paris.

Boix, R. and Trullen, J., 2007, Knowledge, networks of cities and growth in regional urban systems., *Papers in Regional Science*, Vol. 86 (4), 551-574.

Camagni, R. P., 1992, "Organisation Economique et Réseaux de villes," in DERYCKE, P. H., ed., *Espace et Dynamiques Territoriales* (Economica), Paris.

Camagni, R. P. and Salone, C., 1993, Network urban structures in Northern Italy : Elements for a theoretical framework, *Urban Studies*, Vol. 30 (6), 1053-1064.

- Can, A. and Megboluge, I., 1997, Spatial dependence and house price index construction, *Journal of real estate Finance and Economics*, Vol. 14 203-222.
- Capello, R., 2000, The city network paradigm: Measuring urban network externalities., *Urban Studies*, Vol. 37 (11), 1925-1945.
- Cattan, N., Pumain, D., Rozenblat, C. and Saint-Julien, T., 1994, *Le système de villes européennes* (Anthropos), Paris.
- Cowan, R. and Jonard, N., 1999, Network structure and the idssuion of knowledge, *MERIT Research memorandum*, Vol. 99 (028), 1557-1575.
- Damette, F., 1994, *La France en villes* (La documentation française), Paris.
- Deardorff, A., 1984, "Testing Trade Theories and predicting Trade flows," in JONES, R. and KENEN, P., eds, *Handbook of international economics* (Elsevier), Amsterdam.
- Derudder, B. and Witlox, F., 2005, An Appraisal of the Use of Airline Data in assessments of the World City Network, *Urban Stucies*, Vol. 42 (13), 2371-2388.
- Derudder, B. and Witlox, F., 2008, Mapping world city networks through airline flows : context, relevance and problems, *Journal of Transport geography*, Vol. à paraître
- Derudder, B., Witlox, F. and Taylor, P. J., 2007, Les villes dans les réseaux mondiaux : une nouvelle méthodologie pour cartographier la position relationnelle des villes, *Revue d'Economie Régionale et Urbaine*, Vol. 2 179-200.
- Dobkins, L. H. and Ioannides, Y. M., 2001, Spatial interactions among U.S. cities : 1900-1990, *Regional Science and Urban Economics*, Vol. 31 (6), 701-731.
- ESPON, 2004, Projet 1.1.1., final report, Potentials for polycentric development in Europe, Espon Coordination Unit and Nordregio.
- Favaro, J.-M., Glisse, B., Mathian, H. and Pumain, D., 2006, Dynamics of the european urban network,
- Frankel, J. and Wei, S.-j., 1993, *Emerging Currency Blocs* (Mimeo), University of California-Berkeley.
- Gabaix, X., 2007, Zipf's law for cities : an explanation, *The Quaterly journal of economics*, Vol. 114 (3), 739-767.
- Guimera, R., Mossa, S., Turtshi, A. and Amaral, L. A. N., 2005, The worldwide air transportation network : Anomalous centrality, community structure, and cities' global role, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, Vol. 102 (22), 7794-7799.
- Ioannides, Y. M., Overman, H. G., Rossi-Hansberg, E. and Schmidheiny, K., 2007, The effect of information and Communication technologies on urban structure, *Working paper*, Vol.

Jayet, H., 1993, *Analyse spatiale quantitative* (Economica), Paris.

Le Gallo, J., 2002, "Disparités géographiques et convergences des régions européennes : une approche par l'économétrie spatiale", Thèse d'Etat ès Sciences Economiques, réalisée sous la direction de BAUMONT, C., Université de Bourgogne, Dijon.

Le Gallo, J., 2004, La dynamique des disparités régionales dans l'union européenne, 1980-1995, *Revue d'Economie Régionale et Urbaine*, Vol. 4 491-512.

McCallum, J., 1995, National Borders Matter: Canada-U.S. Regional Trade Patterns, *American Economic Review*, Vol. 85 (3), 615-623.

Meijers, E., 2007, From central place to network model : Theory and evidence of a paradigm change., *Tijdschrift voor Economische en sociale geografie*, Vol. 98 (2), 245-259.

Overman, H. G. and Ioannides, Y. M., 2001, Cross-sectional Evolution of the U.S. city size distribution, *Journal of urban Economics*, Vol. 49 543-566.

Pace, R. K. and Gilley, O. W., 1997, Using the spatial configuration of the data to improve estimation, *Journal of real estate Finance and Economics*, Vol. 14 (3), 333-340.

Partridge, M. D., Rickman, D. S., Ali, K. and Olfert, M. R., 2008, Employment growth in the american urban hierarchy : long live distance, *The Berkeley Electronic press journal of macroeconomics*, Vol. 8 (1), 1-36.

Pumain, D., Paulus, F., Vacchiani-Marcuzzo, C. and Lobo, J., 2006, An evolutionary theory for interpreting urban scaling laws., *Revue Européenne de Géographie*, Vol. 343

Rey, s. J., 2001, Spatial Empirics for Economic Growth and convergence, *Geographical analysis*, Vol. 33 (3), 195-214.

Rozenblat, C. and Cicille, P., 2003, *Les villes européennes. Analyse comparative*. Paris.

Saint-Julien, T., 1995, "Diffusion spatiale," in BAILLY, A., FERRAS, R. and PUMAIN, D., eds, *Encyclopédie de géographie*, Paris.

Sanders, L., 1992, *Systèmes de villes et synergétique* (Anthropos), Paris.

Scott, D. M., Novak, D. C., Aultman-Hall, L. and Feng, G., 2006, Network Robustness Index : a new method for identifying critical links and the performance of transportation networks, *Journal of Transport geography*, Vol. 14a (3), 215-227.

South, R. and Boots, B., 1999, Relaxing the nearest centre assumption in central place theory, *Papers in Regional Science*, Vol. 78 157-177.

Tarrius, A., 2002, *La mondialisation par la bas : les nouveaux nomades de l'économie souterraine* (Balland), Paris.

Tinbergen, J., 1962, *Shaping the world economy. Suggestions for an international economics policy* (Twentieth century fund), New York.

Veltz, P., 2001, "La crise des hiérarchies," in COUTARD, O., ed., *Le bricolage organisationnel. Crise des cadres organisationnels et innovations dans la gestion des entreprises et des territoires* (Elsevier), Paris.

Watts, D. J. and Strogatz, S. H., 1998, Collective dynamics of small-world networks, *Nature*, Vol. 393 (4), 440-442.

Zimmermann, J.-B., 2002, Grappes d'entreprises et petits mondes. Une affaire de proximité, *Revue économique*, Vol. 53 (3), 517-524.