

Le « rock and roll » québécois des sciences régionales et de l'économie spatiale

Luc-Normand Tellier
Département d'études urbaines et touristiques
Université du Québec à Montréal

Colloque de l'ASRDLF
Rimouski, 25-27 août 2008

Le rock and roll est une danse où les deux partenaires se rapprochent et s'éloignent l'un de l'autre, de façon endiablée, tout en se tenant par la main. On me permettra d'y voir une représentation imagée de l'évolution tourmentée des sciences régionales et de l'économie spatiale au cours des quarante dernières années au Québec. Au niveau international, la « Regional Science » a un père. C'est Walter Isard et l'œuvre d'Isard la plus ancienne (1956) dont est issue la « Regional Science » s'intitule *Location and Space Economy. A General Theory Relating to Industrial Location, Market Areas, Land Use, Trade and Urban Structure*. Il est donc juste de voir dans l'économie spatiale la source première de la « Regional Science ».

Au Québec, les sciences régionales sont directement issues de l'école isardienne de l'Université de Pennsylvanie située à Philadelphie. On retrouve chez nous une demi-douzaine de détenteurs de Masters en Regional Science (en autres, Éric Weiss Altaner, Pierre Lamonde, Mario Polese, Marc Termote, Michel Boisvert et moi-même), mais seulement, sauf erreur, deux Ph.D. en Regional Science (Michel Boisvert et moi-même). Parmi ces diplômés en science régionale, très peu sont demeurés fidèles à l'économie spatiale entendue dans son sens classique, à savoir une discipline produisant des théories économiques de nature déductive (par opposition à inductive) à formulation mathématique visant à faire comprendre la logique micro-économique des localisations, la logique des phénomènes spatiaux de polarisation, la logique de la constitution des systèmes urbains, la logique des rentes foncières et des tissus urbains, et la logique de la répartition des prix et des flux dans l'espace.

La plupart ont bifurqué vers la démographie, l'urbanisme, les études urbaines ou l'analyse descriptive. À leurs côtés, plusieurs économistes se sont aussi intéressés à la Regional Science. Qu'on pense, entre autres, à Fernand Martin, Benjamin Higgins, André Raynault, Pavel Turcan, Joseph Chung, Pierre Fréchette, André Joyal, Pierre-André Julien, Bernard Vermot-Desroches, André Lemelin, Jacques Ledent et Marc-Urbain Proulx. Là aussi, ceux qui se sont consacrés à l'économie spatiale proprement dite sont une petite minorité.

À vrai dire, depuis 1970, les sciences régionales québécoises se sont considérablement éloignées de l'économie spatiale et aussi, il faut le dire, de la « Regional Science » au sens « isardien » du mot. De plus en plus sociologiques, géographiques, environnementalistes ou politiques, elles ont pris leur distance par rapport à la science économique standard et, encore plus, par rapport à la science économique « déductive » basée sur des hypothèses et un raisonnement mathématique axé sur l'optimisation. Tentons de retracer le chemin parcouru avant de nous demander si le temps des retrouvailles de l'économie spatiales et des sciences régionales québécoises ne serait pas venu.

Un retour sur un passé encore récent

Tellier (2006) a jeté un regard relativement pessimiste sur l'évolution de la recherche économique spatiale, urbaine et régionale au Québec. Ce texte retraçait les étapes clés de ce que l'auteur a appelé le divorce de la planification économique et de l'aménagement du territoire, divorce qui, selon lui, tua dans l'œuf un des courants dominants issus de la Révolution tranquille suivant lequel l'État du Québec et, incidemment, l'aménagement du territoire, devaient se structurer à partir de l'idée de planification économique importée du modèle français (marqué par l'existence d'un Ministère du Plan).

Ce courant a donné lieu en 1960-1961 à la constitution du Conseil d'orientation économique (dissous en 1968), à la mise sur pied, en 1963, du Bureau de l'aménagement de l'Est du Québec (BAEQ) et à la création en 1968 de l'Office de planification du Québec, devenu l'Office de planification et de développement du Québec (OPDQ) en 1969. Ces organismes visaient à établir une cohérence verticale entre la planification économique provinciale et l'aménagement local et régional, ainsi qu'une cohérence horizontale entre

toutes les initiatives de planification locales grâce à l'imposition d'un cadre provincial dominé par une logique avant tout économique. Le rapport La Haye (1968) et l'avant-projet de loi sur l'aménagement et l'urbanisme du ministre Tessier (1972) étaient porteurs de cette vision cartésienne des choses à l'intérieur de laquelle la création de l'INRS-Urbanisation en 1970, puis l'envol de l'école québécoise des sciences régionales s'inscrivaient nettement.

Entre 1970-1972 et 1979 (date de la loi 125 sur l'aménagement et l'urbanisme) s'est opéré le divorce historique entre les idéaux de planification économique et d'aménagement du territoire. Ce divorce a conduit le gouvernement québécois à distinguer de plus en plus, puis à séparer clairement les notions de planification économique et d'aménagement du territoire (voir à ce sujet Léveillé, 1982 et Tellier, 1982). Et cela a favorisé par la suite le divorce de l'économie urbaine et régionale, et de l'économie classique.

L'expérience du BAEQ et le rapport Higgins, Martin, Raynault (1970) ont joué un rôle déterminant dans cette évolution du fait qu'ils ont réussi à s'opposer radicalement en évoquant la même théorie, celle des pôles de croissance. En effet, Higgins, Martin, Raynault, trois économistes "classiques" de l'Université de Montréal, s'attaquèrent avec virulence à la philosophie même du BAEQ en se servant de la même théorie des pôles de croissance qui l'avait inspiré. Ils le firent en soulignant qu'en mettant trop l'accent sur le développement de ses régions marginales, le Québec compromettrait les chances de la région de Montréal de maintenir sa place dans l'économie canadienne face à Toronto.

Ce rapport a eu un énorme retentissement. Il contribua à discréditer la théorie des pôles de croissance (dont Higgins, Martin et Raynault s'inspiraient pourtant) en montrant qu'on pouvait lui faire dire tout et son contraire. Il discrédita les économistes dans le domaine du développement local et régional (comment se fier à des experts dont les théories peuvent à la fois encourager et décourager les efforts de développement local ?). Enfin, il contribua à marginaliser l'économie spatiale, urbaine et régionale à l'intérieur des départements de science économique du Québec.

En effet, le caractère impressionniste, littéraire et peu mathématique de la théorie des pôles de croissance ainsi que son absence de bases théoriques, micro-économiques ou macro-

économiques, solides discréditèrent aux yeux de très nombreux économistes “classiques” tout un champ disciplinaire, celui de l’économie spatiale, urbaine et régionale, auquel ils n’avaient, le plus souvent, jamais vraiment été initiés. Peu à peu, les départements de science économique des universités québécoises se sont vidés de leurs professeurs d’économie spatiale, urbaine et régionale, et le divorce entre ce champ disciplinaire et l’économie classique est venu bien près d’être consommé. Il faut noter qu’aux États-Unis, la même évolution s’est produite, d’abord, avec la dissociation de la “Regional Science” (fondée par Walter Isard) et de la science économique, puis avec la quasi-disparition de la “Regional Science” comme discipline autonome.

Le divorce de la science économique classique et de l’économie spatiale, urbaine et régionale annonça l’éclatement de cette dernière en une multitude de courants dont les trois principaux me semblent être :

- 1- l’économie spatiale proprement dite, profondément déductive (comme l’économie classique d’ailleurs), à formulation et à raisonnement mathématiques ; ce courant est l’héritier du livre de Walter Isard intitulé *Location and Space-Economy* (1956) ; l’économie des transports doit être vue comme un prolongement de l’économie spatiale ; elle partage avec cette dernière son caractère quantitatif et mathématique ;
- 2- l’économie urbaine et régionale “descriptionniste” utilisant à fond les quatre opérations élémentaires de l’arithmétique (l’addition, la soustraction, la multiplication et la division) pour décrire le monde économique urbain et régional sans recourir à quelque modèle mathématique que ce soit, ni même à l’économétrie ; ce courant, héritier des *Methods of Regional Analysis* de Walter Isard (1960), mise sur la description du passé et du présent, sur le “benchmarking” et sur la collecte des données les plus récentes et les plus exclusives ; il renonce à l’avance à formuler quelque théorie que ce soit et à produire méthodiquement quelque projection que ce soit ; pour lui, décrire et comparer constituent l’alpha et l’oméga de l’économie urbaine et régionale ;
- 3- l’économie urbaine et régionale “synthétisante” mettant à profit l’observation des variables économiques, mais aussi des variables socioculturelles dans le dessein de formuler des théories non mathématiques basées sur la théorie économique traditionnelle, mais aussi sur des disciplines aussi variées que la sociologie, la

psychologie, la théorie des organisations, la science politique, etc. ; ce courant est marqué par un souci constant de synthèse et d'analyse du développement urbain et régional dans une perspective multidisciplinaire, mais dans une optique économique ; le livre de Proulx (2001) incarne parfaitement ce courant.

Parallèlement à ces trois courants, un quatrième courant s'est développé à la fois à partir et hors du Québec, celui de la Nouvelle Économie Géographique (NEG : New Economic Geography). Ce courant majeur s'est donné pour objectif de réconcilier la science économique classique et l'économie spatiale, urbaine et régionale. Ses principaux auteurs sont l'Américain Paul Krugman, le Belge Jacques-François Thisse et le Japonais Masahisa Fujita. Parmi ses principales références, il faut mentionner Fujita, Krugman et Venables (1999), Fujita et Thisse (2002), ainsi que Combes, Mayer et Thisse (2006). La Nouvelle Économie Géographique fait le pont entre la micro-économie moderne et l'économie spatiale traditionnelle en formulant des modèles d'équilibre général prenant en compte la concurrence imparfaite, des rendements croissants et des coûts de transports dans le but de comprendre et d'expliquer la formation d'agglomérations et d'espaces économiques différenciés.

Tellier (2006) a mis en garde contre les dangers de concevoir le développement loin de la science économique. Il a suggéré que le moment était peut-être venu d'éloigner quelque peu les économistes urbains et régionaux des non-économistes et de les rapprocher des économistes classiques et des départements standards de science économique. Il a même proposé la création au Québec d'un programme de maîtrise en économie spatiale, urbaine et régionale auquel seraient associées des départements de science économique classique et des économistes spatiaux, urbains et régionaux issus de divers établissements universitaires. Dans son esprit, ce programme devait éventuellement déboucher sur un doctorat en économie spatiale, urbaine et régionale. Cette maîtrise et ce doctorat devaient couvrir les domaines de l'économie spatiale (à formulation mathématique), de l'économie des transports, de l'économie urbaine et régionale (au sens « littéraire » du terme), de l'analyse statistique spatiale, de l'économétrie spatiale, de la modélisation spatiale et des méthodes économiques d'évaluation de projet.

Depuis 2006, un nouvel élément est apparu qui donne de nouveaux motifs d'espoir. Je fais allusion à la rencontre de l'approche topodynamique (voir Tellier 1995, 1997 et 2002) et de la Nouvelle Économie Géographique. Ces deux approches peuvent être vues et sont vues par plusieurs (voir Ottaviano et Thisse 2005) comme découlant toutes deux du problème d'attraction-répulsion que des Québécois ont été les premiers à formuler et à solutionner dans sa version simple (voir Tellier 1985 et Tellier et Polanski 1989) et que Pierre Hansen des HEC-Montréal et des collègues ont solutionné dans sa version plus complexe (voir Chen et alii 1992).

Plus importante encore que la formulation du problème d'attraction-répulsion, l'introduction (dans un ouvrage québécois, faut-il le souligner ; voir Tellier 1985) du concept de force de répulsion marque le point de départ d'une reformulation de toute la théorie économique spatiale (entre autres, de la théorie de la localisation, de celle des systèmes urbains et de celle de la rente foncière) et est à l'origine à la fois du problème d'attraction-répulsion, de l'approche topodynamique et de la Nouvelle Économie Géographique.

Comparer l'approche topodynamique et celle de la Nouvelle Économie Géographique

Le modèle topodynamique et les modèles de la Nouvelle Économie Géographique constituent des modèles macro-géographiques. Ensemble, ils cherchent à comprendre, à simuler et à prédire l'évolution de vastes systèmes spatio-économiques. Les modèles de la Nouvelle Économie Géographique ont fortement contribué à faire avancer la compréhension de telles évolutions, mais ils n'ont pas encore réussi à simuler et à prédire adéquatement les évolutions futures. Par contre, le modèle topodynamique s'est révélé très efficace pour simuler et prédire l'évolution des grands systèmes spatiaux alors que ses bases micro-économiques demeurent moins explicites qu'implicites.

Un groupe de chercheurs québécois a récemment lancé l'idée de constituer, de concert avec des chercheurs de l'Université catholique de Louvain, un nouveau groupe de recherche nommé GRIEG (Groupe de recherche international en économie géographique / Group of Research in International Economic Geography). Pour l'instant, ce groupe rassemble, du

côté de l'Université catholique de Louvain, Jacques-François Thisse et Dominique Peeters, tous deux économistes-mathématiciens de réputation internationale rattachés au Center for Operations Research & Econometrics (CORE) de Louvain-la-Neuve, et, du côté québécois, Pierre Hansen, économiste-mathématicien éminent des HEC-Montréal, et du CIRADE, Srecko Brlek, directeur du Laboratoire de Combinatoire et d'Informatique Mathématique (LACIM) de l'UQAM, Denis Bolduc, directeur du département de sciences économiques de l'université Laval, Kristian Behrens, jeune économiste-mathématicien du département des sciences économiques de l'UQAM, et Luc-Normand Tellier, concepteur de l'approche topodynamique. Cette équipe est vraisemblablement la plus forte jamais constituée au Québec, sinon au Canada, en économie spatiale.

Le GRIEG se fixe comme objectif de combiner l'approche topodynamique et celle de la Nouvelle Économie Géographique en développant un nouveau modèle, le modèle GRIEG, afin de faire avancer la compréhension théorique de l'économie spatiale et d'augmenter le pouvoir prédictif des modèles existants. Les fruits attendus de cette démarche touchent plusieurs aspects, tant mathématiques, méthodologiques, théoriques qu'historiques, de la compréhension de l'évolution économique mondiale. Il s'agit de rien moins que de donner naissance à une nouvelle génération de modèles macro-géographiques.

Cette démarche tire son origine de la constatation que l'approche topodynamique et celle de la Nouvelle Économie Géographique peuvent être vues comme découlant toutes deux du *problème d'attraction-répulsion* et des concepts de *force d'attraction* et de *force de répulsion* (voir Ottaviano and Thisse, 2005). Pour situer ce corpus théorique, il faut remonter à la contribution fondatrice d'Alfred Weber (1909) en théorie de la localisation, contribution basée sur le jeu des interactions entre des *forces d'attraction*.

Plus précisément, Weber suppose que les conditions sont telles que, pour maximiser son profit, la firme doit minimiser ses coûts totaux de transport définis comme étant la somme des distances pondérées de la firme à divers points de référence, chaque pondération correspondant à l'importance pour la firme de chaque point de référence correspondant. Ceci revient à poser que la firme recherche la localisation qui lui garantit le meilleur accès à divers marchés ou sources d'inputs ayant des tailles et des positions relatives différentes.

Ce problème n'a pas de solution analytique. Cependant, il peut être résolu numériquement grâce à la trigonométrie s'il n'y a que trois *forces d'attraction* (Tellier, 1973) ou grâce à un algorithme quel que soit le nombre de forces d'attraction (Kuhn et Kuenne, 1962). Tellier (1985) a rendu ce problème plus complexe en introduisant le concept de *force de répulsion* et en faisant du choix d'une localisation optimale par la firme le résultat du jeu combiné à la fois de forces d'attraction et de répulsion. Le *problème d'attraction-répulsion* consiste à trouver une localisation optimale par rapport à des points de référence exerçant à la fois des forces d'attraction et de répulsion. Il peut être vu comme une généralisation du problème de Weber, lequel est une généralisation du problème de Fermat. Le problème d'attraction-répulsion a été étudié par Tellier et Polanski (1989) et il a été solutionné, dans sa forme simple, par Tellier (1985) et, dans sa forme générale, par Chen, Hansen, Jaumard et Tuy (1992).

Notons que l'introduction du concept de force de répulsion a permis une relecture en profondeur de trois des quatre parties principales de la théorie économique spatiale, à savoir :

- 1- la *théorie de la localisation* où les forces de répulsion sont omniprésentes ;
- 2- la *théorie des systèmes urbains* où l'évolution des systèmes urbains ne peut bien se comprendre sans faire appel au concept de force de répulsion pour expliquer à la fois l'expansion et l'évolution des systèmes urbains ;
- 3- la *théorie de la rente foncière* où les prix fonciers sont le résultat de la transformation de l'unique point d'attraction d'un système de localisation, qu'il s'agisse d'une centre-ville ou d'un marché agricole, en point de répulsion par le jeu des enchères du marché foncier (voir Tellier, 1993).

Deux approches distinctes de modélisation, basées toutes deux sur l'interaction de forces d'attraction et de répulsion, ont, par la suite, été développées indépendamment : celle de la Nouvelle Économie Géographique (NEG), dont les principales références sont Fujita, Krugman et Venables (1999), Fujita et Thisse (2002) ainsi que Combes, Mayer et Thisse (2008), et celle de la théorie et du modèle topodynamiques élaborés par Tellier (1995, 1997, 2005).

La Nouvelle Économie Géographique cherche à élaborer des modèles micro-économiques d'équilibre général basés sur la concurrence imparfaite, des rendements d'échelle croissants et l'existence de coûts de transport afin d'expliquer la formation d'agglomérations et d'espaces économiques différenciés (Fujita et Thisse, 2002; Combes, Mayer et Thisse, 2008).

Quant au modèle topodynamique, il voit dans l'évolution spatiale des populations et des productions le produit d'un système complexe de décisions de localisation interdépendantes liées aussi bien aux activités de consommation que de production. Il considère qu'un tel système complexe résulte de l'interaction d'une myriade de forces d'attraction et de répulsion donnant lieu à des « effets de système » et des « tendances spatiales » marqués par des phénomènes d' « inertie topodynamique ». Conformément à cette vision, il tente de modéliser ces effets de système et ces tendances spatiales au moyen de séries de problèmes d'attraction-répulsion interdépendants présentant des caractéristiques précises. En effet, il a été observé :

- 1- que plus, à l'intérieur d'une suite de problèmes d'attraction-répulsion, ces problèmes sont interdépendants, plus le niveau de polarisation du système généré est élevé ;
- 2- que, plus les forces de répulsion sont importantes par rapport aux forces de attraction, plus le processus de polarisation profite à la périphérie de l'espace considéré ;
- 3- que, plus les activités d'un système « meurent », plus les changements observés dans la distribution spatiale des activités sont rapides et importants.

À partir de telles observations, le modèle topodynamique cherche à définir sur ordinateur un système théorique de localisation constitué d'un très grand nombre de problèmes d'attraction-répulsion interdépendants qui simule aussi adéquatement que possible l'évolution observée de distributions réelles de population ou de production ; ce, afin de produire des projections de population ou de production, selon le cas. Les nombreuses applications du modèle topodynamique ont démontré que cette approche originale est tout à la fois possible et remplie de promesses.

Le modèle topodynamique comporte les cinq grandes étapes suivantes :

- 1- la caractérisation mathématique de l'évolution spatiale observée des populations ou des productions à l'aide d'indices mathématiques ;
- 2- le test d'un certain nombre de « scénarios mathématiques » basés sur des séries de problèmes d'attraction-répulsion interdépendants susceptibles de reproduire sur ordinateur l'évolution observée de la distribution spatiale des populations ou des productions ; un scénario est défini par les valeurs des quatre paramètres suivants :
 - a. le paramètre **i** correspondant au niveau d'interdépendance des problèmes d'attraction-répulsion dans le système, niveau qui s'exprime par la probabilité qu'un nouveau problème d'attraction-répulsion ait comme points de référence des localisations optimales de problèmes d'attraction-répulsion précédents ;
 - b. le paramètre **a** correspondant à la proportion de forces d'attraction dans le système ;
 - c. le paramètre **r** correspondant à l'ampleur relative des forces de répulsion comparées aux forces d'attraction dans le système (la norme des forces de répulsion variant de 0 à **r** alors que celle des forces d'attraction varie entre 0 et 1, où **r** est plus grand que 0 et plus petit que 1) ;
 - d. le paramètre **m** correspondant à la probabilité qu'une activité localisée disparaisse (on peut alors parler de « taux de mortalité » des activités dans le système) ;
- 3- la sélection d'un scénario « optimal » à l'aide d'un indice synthétique de conformité mesurant la conformité de chaque scénario avec l'évolution observée ;
- 4- le calcul de « correctifs » en chacun des points où se trouvent des activités ; ces correctifs correspondent à la différence entre les populations (ou productions) simulées et les populations (ou productions) observées en chacun des points où il y a des populations (ou productions) simulées ou observées ; les correctifs calculés sont, par la suite, intégrés au modèle optimal ;
- 5- la production de projections.

Notons que, dans le modèle topodynamique, c'est la conformité de l'ensemble du système qui est testée alors que, dans l'approche plus traditionnelle adoptée en Nouvelle Économie

Géographique, c'est la validité statistique des équations du modèle que l'on teste (Head and Mayer, 2004). L'approche topodynamique tente de modéliser les systèmes en procédant à du « system-fitting » direct, tandis que la Nouvelle Économie Géographique fait appel aux méthodes économétriques habituelles qui impliquent des régressions, c'est-à-dire du « straight-line-fitting », et des équations simultanées. La démarche plus holistique du modèle topodynamique contribue à son efficacité du point de vue empirique.

L'approche topodynamique et celle de la Nouvelle Économie Géographique mettent toutes les deux l'accent sur la compréhension des phénomènes de polarisation de l'espace géoéconomique (pourquoi y a-t-il des espaces congestionnés et des espaces vides, des espaces riches et des espaces pauvres ?). Cependant, elles diffèrent à plusieurs points de vue, comme l'illustre le tableau 1. Une des principales différences entre les deux approches tient au fait que la Nouvelle Économie Géographique recourt aux concepts de forces d'attraction et de répulsion pour étudier les phénomènes d'agglomération et d'inégalité à travers l'espace dans le cadre de la théorie économique standard en les abordant par le biais de modèles micro-économiques d'équilibre général prenant en compte l'existence de la concurrence imparfaite, de rendements croissants et de coûts de transport (Krugman, 1991a ; Fujita, Krugman et Venables, 1999 ; Ottaviano, Tabuchi et Thisse, 2002 ; Ottaviano et Thisse, 2004). L'approche topodynamique fait appel aux concepts de forces d'attraction et de répulsion pour comprendre et simuler des évolutions spatio-économiques à partir du concept d'inertie topodynamique (Tellier et Vertefeuille, 1995 et Tellier et Pinsonnault, 1998).

Tableau 1 : Complémentarité des modèles topodynamique et NEG

	Modèle topodynamique	Modèles NEG
Basés sur	le problème d'attraction-répulsion et le modèle de Monte Carlo	l'économétrie, la micro-économie et les modèles d'équilibre général
Recourent à	du « system-fitting »	des régression (straight-line-fitting) à des équations simultanées
Tablent sur	la logique spatiale du développement	la logique micro-économique et l'équilibre général du développement

Insistent sur	les régularités macro-spatiales	la logique micro-économique
Distinguent les forces	d'attraction et de répulsion	d'agglomération et de dispersion
Conçus en fonction	d'un nombre infini de localisations	d'un nombre fini de régions
Forces	cohérence macro de long terme	cohérence micro-économique de court terme
Nature	entropique	déterministe
Données requises	données spatialement très désagrégées concernant peu de variables	données moins spatialement désagrégées concernant plusieurs variables

Une autre différence tient au fait que les modèles de la Nouvelle Économie Géographique sont basés à la fois sur la micro-économie et l'économétrie (Henderson et Thisse, 2004), tandis que le modèle topodynamique recourt au problème d'attraction-répulsion pour simuler des évolutions spatio-économiques à partir de séries de problèmes d'attraction-répulsion interdépendants dont les paramètres caractéristiques optimaux sont estimés à l'aide de méthodes d'optimisation mathématiques différentes de celles de l'économétrie classique.

L'approche de la Nouvelle Économie Géographique présente des garanties en termes de conformité avec la théorie microéconomique. Elle met l'accent sur l'interaction entre les forces d'agglomération (assimilables à des forces d'attraction) et les forces de dispersion (assimilables à des forces de répulsion) de diverses natures qui sous-tendent les évolution spatio-économiques. Elle cherche à expliquer comment de fortes disparités spatiales peuvent émerger dans des contextes par ailleurs symétriques et homogènes.

En un sens, l'approche topodynamique est plus audacieuse du point de vue théorique. Néanmoins, ses résultats, qui prennent la forme de projections (de population et de production) de long terme, se révèlent particulièrement intéressants comme en font foi ses applications aux cas spatio-économiques très diversifiés suivants :

- le Cameroun (1989) ;
- le Maroc (1992) ;
- la Tunisie (1993) et l'ensemble canado-américain (1993) ;
- l'Algérie (1994) et l'ensemble de l'Afrique de l'Ouest (1994) ;
- la région métropolitaine de Montréal (1995) ;

- la Chine (1998) ;
- la région du bas bassin du Saint-Laurent (1999) ;
- le monde entier (2002) ;
- la grande région du Saint-Laurent (2006).

Il faut noter qu'alors que les modèles économétriques traditionnels « explosent » en quelque sorte à long terme, le modèle topodynamique produit encore des résultats cohérents et convaincants à des horizons de 50 ans et plus ; ainsi, en 2002, des projections cohérentes et convaincantes ont été produites pour le monde entier jusqu'à 2060 (voir Tellier, 2002).

Les modèles de la Nouvelle Économie Géographique mettent l'accent sur les bases micro-économiques des phénomènes d'agglomération et ils cherchent à disséquer, à décomposer en quelque sorte, les systèmes qu'ils étudient aussi bien que les multiples éléments qui les composent. Ils cherchent à cerner les effets systémiques (*lock-in effects*) engendrés par une myriade de décisions individuelles. Le modèle topodynamique insiste plutôt sur la nature holistique des systèmes de localisation qui fait que ne peut les décomposer sans risquer de perdre quelque chose. L'importance donnée par l'approche topodynamique au concept d'inertie de l'évolution des systèmes spatio-économiques explique en bonne partie ses choix théoriques et méthodologiques.

Faire converger des approches jusque-là séparées

Comme on le voit, parties du même problème d'attraction-répulsion, les approches topodynamique et de la NEG ont emprunté des voies très contrastées. Il n'est pas impossible que l'école québécoise des sciences régionales permette, dans les années qui viennent, de faire converger ces deux voies jusque-là indépendantes. Avant de voir comment cela pourrait se faire, demandons-nous quels avantages procurerait une convergence des deux approches.

Le mariage de la logique micro-économique de la Nouvelle Économie Géographique et de celle de l'inertie des systèmes de localisation propre à l'approche topodynamique ouvrirait de nouvelles perspectives de recherche tout à la fois en théorie économique spatiale, en

théorie des systèmes urbains et en modélisation (tant économétrique que non-économétrique). Cela pourrait conduire à élaborer un ou des modèles offrant à la fois la fiabilité à long terme et à grande échelle de l'approche topodynamique, et la cohérence micro-économique de la Nouvelle Économie Géographique. Ces nouveaux modèles permettraient de faire avancer la compréhension des dynamiques urbaines mondiales, mais aussi des dynamiques régionales et métropolitaines.

L'intérêt de faire converger les deux approches tient, entre autres, à leur grande complémentarité du point de vue empirique. Ainsi, les exigences des deux types de modèles en termes de données sont très différentes. Le modèle topodynamique exige des données aussi spatialement désagrégées que possible concernant un petit nombre de variables pour lesquelles les données sont souvent disponibles. Tout au contraire, les modèles NEG utilisent des données concernant un plus grand nombre de variables, ce qui pose généralement des problèmes du fait que le niveau de désagrégation spatiale ne peut jamais excéder le niveau de désagrégation de la variable la moins désagrégée. Le modèle GRIEG, issu de la convergence des deux approches, propose un compromis qui permet de tirer le meilleur profit des deux types de modèle. La partie « topodynamique » du modèle recourt aux données les plus désagrégées concernant chacune des localisations, tandis que la partie NEG du modèle opère au niveau de « régions » et utilise des données plus agrégées.

Une voie méthodologique possible

La réflexion des membres du GRIEG a conduit à imaginer une façon relativement simple de réaliser le mariage rêvé en tablant sur la distinction très nette qui existe dans le modèle topodynamique entre la détermination des valeurs optimales des quatre paramètres clés du modèle et l'estimation des « correctifs » micro qui sont introduits dans le modèle, localisation par localisation, une fois que les valeurs optimales des paramètres ont été déterminées. Dans la version traditionnelle du modèle topodynamique, ces correctifs, une fois estimés, sont supposés invariants. Dans le modèle GRIEG, ils deviendraient évolutifs, des modèles de la Nouvelle Économie Géographique étant utilisés pour simuler l'évolution future de ces correctifs.

Dans le modèle topodynamique traditionnel, des correctifs sont calculés après que la valeur optimale des quatre paramètres a été estimée. Ces correctifs sont ensuite supposés invariants. Par exemple, si la population de la localisation i estimée par le modèle optimal pour l'année 2001 (année de la dernière observation ayant servi à estimer les paramètres du modèle) est de 1 567 342 habitants alors que la population recensée en 2001 à cette même localisation n'est que de 1 498 653 habitants, un correctif de $-68\,689$ ($=1\,498\,653 - 1\,567\,342$) est calculé. Ce correctif, comme tous les autres, est alors appliqué, tel quel, tout au long du processus de calcul des projections. La stabilité du correctif à travers le temps n'est pas toujours évidente puisqu'elle assume que la sous-performance de la localisation i va se poursuivre indéfiniment. Voilà où les modèles de la Nouvelle Économie Géographique interviendraient dans le cadre du modèle GRIEG. Au lieu de servir à générer directement des projections de population, de production ou autre, les modèles NEG serviraient ici à simuler l'évolution probable des correctifs du modèle GRIEG. Ainsi, dans le cas où, suivant le modèle NEG utilisé, à la fin d'une « phase de projection » donnée (le modèle topodynamique procède par « phases de projection »), la région A appartenant au pays B devrait avoir une population de 5 % inférieure à celle qu'elle aurait eue si elle avait connu la même croissance que le pays B, le correctif pour l'ensemble de la région A serait dans le modèle GRIEG égal à -5 % de la population que la région A aurait eue si elle avait connu la même croissance que le pays B durant cette phase de projection du modèle GRIEG. Dans ce dernier modèle, contrairement au modèle topodynamique traditionnel, les correctifs varieraient d'une phase de projection à l'autre.

À partir de cette idée de départ, le groupe GRIEG se propose d'élargir la perspective de recherche en abordant les trois autres questions méthodologiques suivantes :

- 1- La première question a trait à l'optimisation du mode de sélection des valeurs des quatre paramètres clés du modèle topodynamique. Il a été observé que des combinaisons très différentes des valeurs des quatre paramètres peuvent produire des résultats comparables en termes de conformité des évolutions simulées avec les évolutions observées. Afin de comprendre le comportement mathématique du modèle, une analyse complexe des valeurs de l'indice synthétique de conformité (indice déjà défini qui donne d'excellents résultats) dans l'espace

quadridimensionnel défini par les quatre paramètres clés devra être menée afin de repérer les zones de plus grande conformité à l'aide des méthodes de l'analyse combinatoire. Cela va exiger de programmer le modèle GRIEG sur des ordinateurs de forte puissance (le modèle topodynamique étant très exigeant du point de vue de la puissance informatique) et de faire appel à l'analyse spectrale, à la géométrie informatique (« computational geometry ») et à l'optimisation combinatoire. Cela fait, des méthodes heuristiques devront être développées afin de trouver les valeurs optimales des paramètres. Cette recherche complexe devrait permettre d'augmenter significativement la procédure d'optimisation du modèle topodynamique et, par conséquent, aussi du modèle GRIEG »

- 2- La troisième question concerne la programmation d'une version du modèle GRIEG facile d'utilisation. Cette version du modèle serait telle que les seuls inputs que l'utilisateur devrait fournir à l'ordinateur seraient les suivants :
 - a. une carte géographique délimitant l'espace de référence ;
 - b. la distribution spatiale des populations ou des productions au temps n ;
 - c. la distribution spatiale des populations ou des productions au temps $n+1$;
 - d. la population ou la production totale prévue à l'horizon $n+1+x$;
 - e. le nombre d'itérations entre le temps n et le temps $n+1$ (ce nombre est déterminé par l'utilisateur ; plus ce nombre est élevé, plus les résultats sont précis) ;
 - f. les correctifs estimés à l'aide du modèle NEG pour chaque région et pour chaque phase de projection.

- 3- La quatrième question concerne l'élaboration d'un modèle GRIEG mondial prenant en compte un espace sphérique et la distribution mondiale des populations ou des productions. Il faut dire que le modèle topodynamique a déjà été utilisé pour produire des projections mondiales aux horizons 2012, 2027 et 2060 (voir Tellier, 2002). Le modèle GRIEG mondial devrait permettre de faire des projections pour un pays, une région ou une région métropolitaine en tenant compte de l'influence du monde extérieur, ce qui n'a pas été fait jusqu'à maintenant. Jusqu'ici, toutes les applications à une échelle inférieure ignoraient l'influence du monde extérieur au pays, à la région ou à la région métropolitaine considérés.

Les modèles NEG disponibles

Divers modèles de la Nouvelle Économie Géographique pourront être mis à contribution dans l'approche proposée par le GRIEG. Les principaux de ces modèles qui mettent l'accent sur le paradigme centre-périphérie sont les suivants :

- 1- le modèle de Krugman (1991a) est le plus ancien des modèles NEG. Il s'agit d'un modèle à deux secteurs et deux régions qui étudie l'effet « boule de neige » observé dans une évolution spatio-économique en termes de forces d'agglomération (i.e. d'attraction) et de dispersion (i.e. de répulsion) dans un contexte où les marchés du travail et des biens sont interdépendants et où les travailleurs et les firmes sont mobiles. Dans ce modèle, les forces centrifuges de dispersion sont liées à l'immobilité des travailleurs non-qualifiés et aux effets de congestion découlant du fait que les firmes se concentrent de plus en plus. Quant aux forces centripètes d'agglomération, elles sont reliées à l'effet du marché domestique (« home market effect ») et à la croissance des marchés locaux découlant de la migration des travailleurs qualifiés. Dans un modèle alternatif développé par Ottaviano, Tabuchi and Thisse (2002), il a été démontré que la concentration d'un grand nombre de firmes à l'intérieur d'une même région donne naissance à une importante force de répulsion du fait que la concurrence y devient plus intense. Ce résultat est compatible avec celui d'Aspremont, Gabszewicz et Thisse (1979) qui ont mis en évidence un phénomène semblable dans le contexte de l'organisation industrielle.
- 2- Le modèle de Krugman et Venables (1995) qui modifie le modèle de Krugman de deux façons :
 - a. en excluant toute mobilité interrégionale des travailleurs ;
 - b. en permettant l'usage de biens intermédiaires par les firmes.

En termes d'agglomération et de dispersion, ces changements ont des effets radicaux, comparés au cas du modèle de Krugman. En effet, dans le modèle de Krugman et Venables, à la phase de divergence associée au processus d'agglomération des firmes succède une phase de convergence.

- 3- Le modèle de Krugman et Livas (1996) qui introduit dans le modèle de Krugman des forces de répulsion liées à l'engorgement de la région accueillant de plus en plus de firmes et de travailleurs. Ottaviano, Tabuchi et Thisse (2002) ont approfondi

cette question en étudiant le rôle des « coûts urbains », à savoir des prix fonciers et des coûts associés aux migrations quotidiennes dans la Nouvelle Économie Géographique.

- 4- La synthèse de Fujita et Thisse (2002) qui part du modèle de concurrence spatiale d'Hotelling et du modèle d'utilisation du sol de von Thünen pour proposer une approche plus générale visant à analyser les phénomènes d'agglomération à diverses échelles à l'intérieur de la Nouvelle Économie Géographique.

Notons que le choix des modèles NEG utilisés à l'intérieur du modèle GRIEG sera influencé par la disponibilité des données. Un modèle théorique très élaboré peut être d'une utilisation très restreinte précisément parce que les données qu'il requiert sont inexistantes à telle ou telle échelle.

Comme l'objectif est de mettre au point un modèle macro-géographique plus performant pour simuler et prédire l'évolution de vastes systèmes spatio-économiques, chose que les modèles NEG existants n'ont pas été capables de faire, le modèle GRIEG fera l'objet de tests rétrospectifs. Par exemple, des projections à l'horizon 2000 produites au moyen du modèle GRIEG à partir de données de 1970 et 1980 pourront être comparées aux valeurs effectivement observées en 2000, tout comme aux projections correspondantes obtenues à l'aide du modèle topodynamique traditionnel et des modèles NEG. De cette façon, il sera possible de comparer les trois types de modèles en termes de leur pouvoir prédictif respectif, de leur exactitude à diverses échelles spatiales (allant du macro vers le micro), de leur efficacité (en termes de temps de calcul) et de leur fiabilité.

Enfin, le groupe GRIEG n'a nullement l'intention de se limiter à des simulations sur ordinateur. Il compte aborder divers concepts théoriques et faire des analyses historiques. Sur le plan de la théorie économique spatiale, le concept d'inertie topodynamique sera réexaminé dans le contexte de la Nouvelle Économie Géographique à la lumière du concept de géographie « pâte à modeler » (« putty-clay geography » ; voir Fujita and Thisse, 2002). Inversement, la théorie topodynamique peut être utilisée pour approfondir certains aspects du modèle centre-périphérie. La pertinence historique des modèles topodynamique et NEG sera examinée à la lumière des travaux d'histoire économique de Fernand Braudel et de

Carlo Cipolla, mais aussi de Krugman (1991b) et de Tellier (2005). De fait, la recherche sur ordinateur et la production de projections serviront avant tout à approfondir la compréhension théorique et historique de l'évolution spatiale mondiale.

Conclusion

L'approche topodynamique et celle de la Nouvelle Économie Géographique sont à la fois reliées et profondément complémentaires. De la même manière que le modèle de gravité peut être vu comme une forme réduite de divers modèles de commerce international (Anderson, 1979; Feenstra, 2003), le modèle topodynamique peut être considéré comme une forme réduite « macro » de plusieurs modèles de la Nouvelle Économie Géographique. Le GRIEG aurait pour mission de comparer et de combiner les deux approches afin de créer une nouvelle génération de modèles à partir d'un modèle GRIEG préservant à la fois la cohérence spatiale du modèle topodynamique et la cohérence micro-économique des modèles de la NEG. Ce modèle hybride serait rendu possible en recourant à des modèles NEG pour rationaliser les « correctifs » micro qui sont actuellement intégrés au modèle topodynamique après que les valeurs optimales des paramètres du modèle ont été estimées. Le GRIEG viserait aussi à améliorer la procédure de détermination des valeurs optimales de ces paramètres en recourant à l'analyse spectrale, à la géométrie informatique (« computational geometry ») et à l'optimisation combinatoire.

En somme, ce nouveau courant des sciences régionales se fixerait comme objectif :

- 1- de faire le pont entre diverses équipes du Québec et d'ailleurs travaillant sur le problème d'attraction-répulsion, l'approche topodynamique, la Nouvelle Économie Géographique et l'analyse combinatoire ;
- 2- de faire converger les approches topodynamique et NEG ;
- 3- de créer une nouvelle génération de modèles mariant les avantages des deux approches ;
- 4- d'améliorer la procédure d'optimisation du modèle topodynamique en faisant appel à l'analyse spectrale, à la géométrie informatique (« computational geometry ») et à l'optimisation combinatoire ;

- 5- de faire avancer la compréhension de l'évolution de l'urbanisation mondiale en faisant appel aux logiques de l'analyse topodynamique et de la Nouvelle Économie Géographique ;
- 6- de produire sur une base régulière des projections de population et de production pour le monde entier à partir du modèle GRIEG.

L'École québécoise de sciences régionales pourrait donc être sur le point de contribuer à donner une toute nouvelle impulsion à l'économie spatiale, urbaine et régionale. Ce faisant, elle pourrait, après de si longues périodes d'éloignement progressif, favoriser un rapprochement de l'économie spatiale et de l'économie classique ainsi qu'une résurgence de la théorie économique dans le domaine régional. Pour le moment, la démarche scientifique que nous venons de décrire demeure un rêve. Cependant, à aucun moment dans l'histoire récente des sciences régionales québécoise, ce rêve n'a été aussi réaliste et réalisable.

Bibliographie

- Anderson, J. 1979. "A theoretical foundation for the gravity equation," *American Economic Review* 69, 106-116.
- Chen, Pey-Chun, Hansen, Pierre, Jaumard, Brigitte and Hoang Tuy, 1992, "Weber's Problem with Attraction and Repulsion," *Journal of Regional Science* 32, 467-486.
- Combes, Pierre-Philippe, Thierry Mayer, and Jacques-François Thisse, 2006, *Économie géographique. L'intégration des régions et des nations*. Paris, Economica, 397 pages.
- d'Aspremont, Claude, Jean Jaskold Gabszewicz and Jacques-François Thisse, 1979, "On Hotelling's "Stability in Competition" ", *Econometrica* 47, 1145-1150.
- Feenstra, R., 2003, *Advanced International Trade: Theory and Evidence*, Princeton: Princeton University Press, pages
- Fujita, Masahisa et Jacques-François Thisse, 2002, *Economics of Agglomeration. Cities, Industrial Location, and Regional Growth*, Cambridge, Cambridge University Press, 478 pages. Traduction française: *Économie des villes et de la localisation*. Louvain la Neuve, De Boek, 2003.
- Fujita, Masahisa, Krugman, Paul et Anthony J Venables, 1999, *The Spatial Economy. Cities, Regions and International Trade*, Cambridge MA, The MIT Press, 367 pages.
- Henderson, J.V. et Jacques-François Thisse (eds), 2005, *Handbook of Regional and Urban Economics, Volume 4*, Amsterdam, North-Holland.
- Higgins, Benjamin, Martin, Fernand et André Raynault, 1970, *Les Orientations du développement économique régional dans la province de Québec*, Ottawa, Ministère de l'expansion économique régionale.

- Isard, Walter, 1956, *Location and Space Economy. A General Theory Relating to Industrial Location, Market Areas, Land Use, Trade and Urban Structure*, Cambridge, Mass., M.I.T. Press, 350 p.
- Isard, Walter, 1960, *Methods of regional analysis : an Introduction to Regional Science*, Cambridge, Mass. and New York, M.I.T. Press and Wiley.
- Joanis, Marcelin, Martin, Fernand et Suzie St-Cerny, 2004, *Quel avenir pour les politiques de développement régional au Québec ?*, Montréal, CIRANO (Centre interuniversitaire de recherche en analyse des organisations).
- Krugman, Paul R. et A. Venables, 1995, "Globalization and the inequality of nations." *Quarterly Journal of Economics* 100, 857-880.
- Krugman, Paul R. et R. Livas Elizondo, 1996, "Trade policy and the Third World metropolis." *Journal of Development Economics* 49, 137-150.
- Krugman, Paul R., 1991a, "Increasing returns and economic geography." *Journal of Political Economy* 99, 483-499.
- Krugman, Paul R., 1991b, "History versus expectations." *Quarterly Journal of Economics* 106, 651-667.
- Kuhn, Harold W., and Robert E. Kuenne, 1962, "An Efficient Algorithm for the Numerical Solution of the Generalized Weber Problem in Spatial Economics." *Journal of Regional Science* 4, 21-34.
- La Haye, Jean-Claude et alii, 1968, *Rapport de la Commission provinciale d'urbanisme*, Gouvernement du Québec.
- Léveillé, Jacques (sous la direction de), 1982, *L'aménagement du territoire au Québec: du rêve au compromis*, Montréal, Nouvelle optique.
- Ottaviano, Gianmarco and Jacques-François Thisse, 2004, "Agglomeration and economic geography", in *Handbook of Regional and Urban Economics. Volume 4*, Eds J.V. Henderson and Jacques-François Thisse, Amsterdam, North-Holland.
- Ottaviano, Gianmarco and Jacques-François Thisse, 2005, "New Economic Geography: what about the N?", *Environment and Planning A* 37, 1707-1725.
- Ottaviano, Gianmarco, Takatoshi Tabuchi and Jacques-François Thisse, 2002, "Agglomeration and trade revisited", *International Economic Review* 43, 409-436.
- Proulx, Marc-Urbain, 2002, *L'économie des territoires au Québec : aménagement, gestion, développement*, Québec, Presses de l'Université du Québec.
- Tellier, Luc-Normand et Boris Polanski, 1989, "The Weber Problem: Frequency of Different Solution Types and Extension to Repulsive Forces and Dynamic Processes", *Journal of Regional Science*, vol 29, no. 3, p. 387-405.
- Tellier, Luc-Normand et Claude Vertefeuille, 1995, "Understanding spatial inertia: centre of gravity, population densities, the Weber problem and gravity potential", *Journal of Regional Science* 35, 155-164.
- Tellier, Luc-Normand et Martin Pinsonnault, 1998, "Further Understanding Spatial Inertia : a Reply", *Journal of Regional Science*, vol. 38, no 3, pp. 513-534.
- Tellier, Luc-Normand, 1972, "The Weber Problem: Solution and Interpretation", *Geographical Analysis*, vol. 4, no. 3, pp. 215-233.
- Tellier, Luc-Normand, 1982, "Les dimensions économiques de l'aménagement du territoire au Québec", in *L'aménagement du territoire au Québec: du rêve au compromis*, sous la direction de Jacques Léveillé, Montréal, Nouvelle optique, p. 43-62.
- Tellier, Luc-Normand, 1985, *Économie spatiale: rationalité économique de l'espace habité*, Chicoutimi, Gaëtan Morin éditeur, 280 pages.

- Tellier, Luc-Normand, 1993, *Économie spatiale: rationalité économique de l'espace habité* (second edition), Montréal, Éditions Gaëtan Morin, 285 pages.
- Tellier, Luc-Normand, 1995, "Projecting the evolution of the North American urban system and laying the foundations of a topodynamic theory of space polarization", *Environment and Planning A*, Vol. 27, pp. 1109-1131.
- Tellier, Luc-Normand, 1997, "A Challenge for Regional Science: Revealing and Explaining the Global Spatial Logic of Economic Development", *Papers in Regional Science*, Vol. 76, No 4, pp. 371-384.
- Tellier, Luc-Normand, 2002, *Étude prospective topodynamique du positionnement de la grande région de Montréal dans le monde aux horizons 2012, 2027 et 2060*. Département d'études urbaines et touristiques, UQAM, Études, matériaux et documents 18, 120 pages.
- Tellier, Luc-Normand, 2004, "Et si les économies d'agglomération n'existaient pas, notre monde serait-il différent ?", *Organisations et territoires*, Vol. 13, no 3, septembre 2004, p. .
- Tellier, Luc-Normand, 2005, *Redécouvrir l'histoire mondiale, sa dynamique économique, ses villes et sa géographie*, Montréal, Éditions LIBER, 592 pages.
- Tellier, Luc-Normand, 2006, "La recherche économique spatiale, urbaine et régionale au Québec : réflexion sur les 35 dernières années et sur l'avenir", *Organisations et territoires*, Vol. 15, no 1, hiver 2006, p. 15-19.
- Weber, Alfred, 1909, *Über den Standort der Industrien*, Tübingen, J.C.B. Mohr) — English translation: *The Theory of the Location of Industries*, Chicago, Chicago University Press, 1929, 256 pages.