



ICTs and inequalities : the digital divides
TIC et inégalités : les fractures numériques
International conference / Colloque international
18 - 19 novembre 2004
Carré des Sciences, rue Descartes, Paris, France

« Balkanisation » des infrastructures de télécommunications et aménagement du territoire : une approche par l'économie des réseaux

Jérôme Vicente
Maître de Conférence en Sciences Economiques
Institut d'Etudes Politiques de Toulouse
LEREPS-GRES
Manufacture des Tabacs, 31000 Toulouse

Résumé

L'article étudie les liens qu'entretiennent aménagement du territoire et réseaux numériques en s'appuyant sur le cas du déploiement des réseaux métropolitains haut débit. En mobilisant les outils de l'économie des réseaux, l'article se consacre à la dynamique de marché des infrastructures de réseaux et à leur diffusion des espaces métropolitains vers les espaces périphériques. Cette dynamique de marché montre que la possibilité offerte aux collectivités locales d'être opérateur de télécommunication ne pourra atteindre les objectifs d'aménagement du territoire que si sont instaurés des mécanismes de régulation de la coopération décentralisée entre collectivités.

Mots-clefs : réseaux métropolitains, économie des réseaux, concurrence/coopération, collectivités locales, aménagement du territoire

Abstract

The paper focuses on the links between telecommunication networks and territorial planning, emphasizing on the peculiar case of Metropolitan Area Networks (MAN). From tools of network economics, the paper studies the market dynamics of telecommunication networks and the infrastructure diffusion from metropolitan regions to peripheral ones. This market dynamics shows that the infrastructure offering by local public institutions can contribute to local development only if regulation mechanisms of co-operation between local public institutions are instituted.

Key-words: metropolitan area networks, network economics, competition/co-operation, local public institutions, local development

Introduction : réseaux et territoires

Face à la question des enjeux d'aménagement du territoire que soulève le déploiement des infrastructures de télécommunication – les infrastructures haut-débit notamment –, l'article traite des opportunités qui peuvent être retirées du projet de loi « *la confiance dans l'économie numérique* » transmis en deuxième lecture à l'Assemblée Nationale le 25 juin 2003¹. Ce projet de loi permet aux collectivités locales d'être opérateurs de télécommunication, lorsqu'une carence en terme d'offre privée se fait ressentir et que cette carence nuit à un aménagement équilibré du territoire². En effet, ces dernières années ont vu naître de nombreux projets de réseaux de télécommunication haut-débit, en particulier dans les zones où la demande était telle que l'offre privée était là pour la satisfaire. L'autorisation ainsi conférée aux collectivités locales permettrait alors de combler le fossé numérique³ en terme d'accès que les lois du marché, malgré les nombreuses initiatives locales publiques ou privées, ont progressivement créé.

Que faut-il entendre par réseaux de télécommunication? On admet généralement une décomposition selon trois niveaux : les réseaux locaux (LAN, *local area network* dans la terminologie anglaise) pour des réseaux de faible étendue géographique. Ils permettent une connexion des machines sur un même site tel une grosse entreprise, une administration ou un campus universitaire. Les réseaux métropolitains (MAN, *metropolitan area network* dans la terminologie anglaise) pour des réseaux intermédiaires. Ils permettent d'interconnecter des machines et des réseaux locaux sur un espace tel un bassin d'emploi, une ville et sa périphérie voire une région. Enfin les réseaux globaux (WAN, *wide area network* dans la terminologie anglaise) pour des réseaux de grande taille, tel Internet bien sûr, qui permettent d'interconnecter tous les sous-réseaux entre-eux.

Compte tenu du contexte juridique que nous venons de préciser, ce qui fait l'objet ici d'une recherche est le réseau métropolitain⁴. Un réseau métropolitain est un réseau indépendant à usage partagé « *lorsqu'il est réservé à l'usage de plusieurs personnes physiques ou morales et constitué d'un ou plusieurs groupes fermés d'utilisateurs en vue d'échanger des communications internes au sein d'un même groupe* » (art L32 4° du code des postes et

¹ http://www.senat.fr/dossierleg/pj102-195.html#item_2

² L'article L. 1425-1.1 que « *Les collectivités territoriales et leurs groupements peuvent, deux mois au moins après la publication de leur projet dans un journal d'annonces légales et sa transmission à l'Autorité de régulation des télécommunications, établir des réseaux de télécommunications ouverts au public au sens du 3° de l'article L. 32 du code des postes et télécommunications, acquérir des droits d'usage à cette fin ou acheter des réseaux existants, à condition de veiller à la cohérence des réseaux présents sur leur territoire, de garantir l'utilisation partagée des infrastructures et de ne pas entraver le développement de la concurrence. (...) Les collectivités territoriales et leurs groupements ne peuvent exercer une activité d'opérateur de télécommunications au sens du 15° de l'article L. 32 du code des postes et télécommunications qu'après avoir constaté une insuffisance d'initiatives privées propres à satisfaire les besoins des utilisateurs et en avoir informé l'Autorité de régulation des télécommunications* ».

³ Pour un aperçu de la couverture haut-débit en France, cf. <http://www.ortel.fr/resultats%202002.htm>

⁴ Pour des raisons de cohérence théorique, nous évacuons la question du déploiement des réseaux WIFI, qui dépendent à d'autres considérations que les réseaux filaires sur lesquels l'analyse se concentre.

télécommunications). « *Un GFU (Groupe Fermé d'Utilisateurs) est entendu comme un groupe qui repose sur une communauté d'intérêt suffisamment stable pour être identifiée et préexistante à la fourniture du service de télécommunications* » (avis de l'ART du 30.05.1997). Cette dernière définition est importante pour la suite car elle montre que parallèlement aux réseaux techniques existent des réseaux productifs et que les propriétés économiques des premiers comme des derniers ne sont pas sans conséquence sur la structure concurrentielle des offreurs d'infrastructure et *in fine* des territoires. Elle permet ainsi de comprendre l'intérêt du déploiement de ce type de réseaux dans une logique de développement local actuellement fondée sur le développement et le renforcement des systèmes productifs locaux (Dang Nguyen, 2003 ; Dang Nguyen, Vicente, 2003), et la formation de clusters d'entreprises dédiés au secteur des TIC (Quah, 2001 ; Suire, Vicente, 2002, Vicente 2004a).

Cet engouement actuel pour le développement des réseaux métropolitains haut-débit⁵ s'inscrit, au-delà du projet de loi sur « *la confiance dans l'économie numérique* », dans un double contexte institutionnel : Un contexte de libéralisation du secteur des télécommunications (Armstrong, 1997 ; Dang Nguyen, Phan, 2000 ; Laffont, Tirole, 2000) qui, en modifiant les conditions d'offre d'infrastructures, stimule à l'heure actuelle la demande émanant de réseaux d'entreprises et d'institutions fortement consommatrices de services de communication. Un contexte de décentralisation des pouvoirs publics qui, en réorganisant les structures de pouvoir à des échelles d'agrégation spatiale inférieure à l'échelle nationale, stimule la concurrence territoriale en terme d'attractivité des entreprises (Thisse, Van Ypersele, 1999). Nous ne développerons pas les logiques de ce double contexte que nous supposons donné, en particulier s'agissant des considérations politiques de couverture géographique du haut-débit la plus large possible et s'agissant de l'actualité juridique relative aux statuts et aux missions des collectivités locales dans l'aménagement du territoire.

En effet, l'objectif de l'article est essentiellement économique, puisqu'il vise à étudier les conditions dans lesquelles la dynamique de marché entre offreurs d'infrastructures et utilisateurs peut participer à un objectif d'aménagement du territoire et contrecarrer le fossé numérique (Antonelli, 2003) qui se creuse entre les zones métropolitaines et les zones périphériques. Et dans ce cadre-là, in s'agit d'analyser si le statut d'opérateur conféré aux collectivités locales peut être en adéquation avec cet objectif. C'est donc en terme *d'économie des réseaux* (Economides, 1996 ; Curien, 2000 ; Pénard, 2002) que le problème sera traité, en supposant qu'à côté des agents habituellement retenus dans les dynamiques de réseaux – les opérateurs et les utilisateurs – intervient un autre type d'agent – les collectivités locales –. Ces dernières seront assimilées à un type d'offreur particulier dont on pourra trivialement supposer dans un premier temps qu'il se distingue des opérateurs privés en raison du fait qu'il n'a pas le choix de localisation de son infrastructure. L'article développe donc les aspects dynamiques de déploiement de réseaux et de couverture géographique en confrontant le comportement des offreurs – opérateurs et collectivités locales – au comportement des utilisateurs que sont les firmes en particulier.

Plus précisément, dans une deuxième section, nous étudions les conditions d'offre des opérateurs en insistant sur la structure de coût et de tarification des opérateurs ainsi que sur leur stratégie lorsqu'un objectif de couverture géographique est décidé. Dans la troisième section, nous analysons les propriétés de la demande des utilisateurs en insistant sur les liens

⁵ Pour un panorama des réseaux, cf. <http://www.telecomville.org/>

entre la notion théorique d'externalités de réseaux (Katz, Shapiro, 1985, 1994) et la notion de « Groupe Fermé d'Utilisateurs ». La quatrième section étudie la dynamique de marché et le mécanisme de rétroaction positive qu'elle génère. On montre ainsi, en s'appuyant sur des données relatives à la diffusion des infrastructures sur le territoire français, que tous les projets de déploiement de réseaux haut-débit ne pourront être rentables et/ou constituer un outil de promotion ou de valorisation du territoire. La cinquième section étudie la question de la coopération entre régions et celle de l'interconnexion des réseaux pour faire face aux conséquences de la concurrence des territoires sur les réseaux.

Coûts de réseaux et concurrence du côté de l'offre

La structure des coûts de déploiement et de gestion d'un réseau de télécommunication, tel qu'il soit, est un des déterminants essentiels des conditions d'offre. En particulier, dans un contexte de libéralisation des télécommunications (Laffont, Tirole, 2000), il est aujourd'hui généralement admis que cette structure induit une régulation de la concurrence, régulation sans laquelle le poids des coûts fixes liés au développement des infrastructures conduirait à l'émergence d'un monopole naturel et à une perte de bien-être collectif. Le secteur des télécommunications est ainsi devenu un secteur concurrentiel, où la recherche d'un optimum de second rang assure à la fois une concurrence et un bien-être collectif supérieur à la situation monopolistique (Curien, 2000).

Mais la situation se complexifie dès lors que l'on intègre deux considérations supplémentaires de manière concomitante : la balkanisation des infrastructures (Pau, 2002) et la distribution spatiale des utilisateurs (Lethiais, Rallet, Vicente, 2003). La première considération fait référence à l'innovation technologique du secteur producteur des infrastructures. Avec le développement de l'Internet haut-débit et des nouveaux usages associés, la nécessité de déployer des infrastructures locales ou intermédiaires tels les réseaux métropolitains se fait grandissante. Ainsi se juxtaposent et se stratifient des infrastructures à différentes échelles géographiques. Cette stratification et cette balkanisation ne sont pas sans conséquence sur la structure concurrentielle des offreurs d'infrastructures. La seconde considération fait, elle, référence à la géographie de la demande, où par définition prévalent les hiérarchies urbaines et les structures centre-périphérie sur la figure d'un espace homogène et finalement neutre. Cette dernière considération ne sera pas sans conséquence sur les liens entre concurrence, accès et bien-être (Gillespie, Richardson, Cornford, 2001 ; Malecki, 2002).

La structure de coût et les formes de tarification des opérateurs de réseaux : principes de bases

La structure de coût et les formes de tarification d'un opérateur de réseaux présentent des propriétés particulières que l'on retrouve généralement dans l'analyse des coûts d'une entreprise en situation de monopole mais dont la complexité s'avère croissante dès qu'il s'agit d'intégrer la notion de réseau (Curien, Gensollen, 1992). Notamment, dès lors que se posent des questions d'efficacité de la forme du graphe de l'infrastructure, se posent également des questions de duplication et d'interconnexion qui ne sont pas sans conséquence sur la structure concurrentielle du secteur producteur d'infrastructures. Néanmoins, et en ignorant dans un premier temps les aspects liés à la géographie de la demande, on peut établir les grands principes suivants.

S'agissant des coûts, la première caractéristique est à rechercher du côté des coûts fixes de l'infrastructure, dont le montant, s'il est indépendant du volume de production, est à l'évidence dépendant de la technologie utilisée, mais aussi et surtout des effets de taille et d'échelle. A côté des coûts fixes interviennent les coûts variables, qui eux sont une fonction croissante du volume de production. On en déduit alors les coûts moyens, lesquels sont décroissants jusqu'à un niveau de production qui correspond au seuil des rendements croissants. Ce niveau de production est plus élevé pour une infrastructure de réseaux que pour tout autre type de production, en raison de l'importance du volume des coûts fixes, dont l'amortissement prolonge la phase des rendements croissants et peut conduire à une situation monopolistique (Pénard, 2002). Enfin le coût marginal est inférieur au coût moyen dans la phase des rendements croissants et supérieur dans la phase des rendements décroissants, si bien que le niveau de production optimal de l'offreur de l'infrastructure dépendra d'un arbitrage entre les coûts fixes, les coûts de complexité et la taille du marché qui se présente à lui.

S'agissant de la tarification du service transitant par l'infrastructure, la notion de réseaux ici encore modifie les formes de tarification habituelles. Si un optimum social est généralement atteint par une tarification au coût marginal, cette forme de tarification n'est pas tenable dans le cas d'une infrastructure de réseaux, en raison une fois encore de l'importance du poids des coûts fixes dans la structure de coût. C'est donc l'optimum de second rang qui est recherché, celui pour lequel le prix est égal au coût moyen, permettant ainsi à l'entreprise d'assurer l'amortissement de ces coûts fixes dans un objectif d'équilibre de son budget.

D'une manière très générale encore, si l'on intègre la géographie de la demande, la structure de coût peut présenter par certains côtés une incompatibilité avec un objectif d'aménagement du territoire. Selon la distribution des utilisateurs dans l'espace, le niveau de production efficace d'un offreur d'infrastructures peut ne pas atteindre un niveau tel que la population dans son ensemble soit couverte. Compte tenu des densités de population et de leur différentiel, l'accès aux infrastructures pour des utilisateurs localisés dans des zones à faible densité peut entraîner pour l'offreur des formes de courbes de coût moyen et de coût marginal telles que le coût marginal dépasse le coût moyen avant même que la totalité de la population ne soit connectée. C'est la raison pour laquelle des obligations de couverture et des prix uniques ou plafond sont souvent appliqués afin de répondre à ces inégalités d'accès. Formellement, il est alors nécessaire de financer de telles obligations.

Classification des services en réseaux territoriaux

	Coûts fixes divisibles	Coûts fixes indivisibles
Coûts de transport faibles	Télécommunications	Electricité
Coûts de transport élevés	Eau	Chemin de fer

Tableau 1 : une typologie des services en réseaux

Au-delà du cas général, la structure de coût peut varier selon le type de services en réseau, avec des conséquences différentes sur le type de concurrence ou de régulation en jeu. D'après le tableau ci-dessus, il y a des activités en réseaux qui résultent d'une situation de monopole

naturel, comme les chemins de fer, l'électricité, en raison de l'unicité du réseau d'infrastructures. Sur ces marchés, la concurrence peut éventuellement s'exercer au niveau de l'exploitation d'un réseau déjà existant appartenant à un opérateur en situation de monopole (Henry, 1997). En effet, un deuxième réseau parallèle n'a pas de viabilité économique. C'est le cas du secteur de l'eau où le système de concession impose une compétition entre prestataires privés pour l'exploitation d'un réseau sous tutelle publique. Par ailleurs, il existe une deuxième catégorie de services en réseaux parmi lesquels figurent les télécommunications. Dans ces domaines d'activités où les coûts de transports sont modérés, la coexistence de plusieurs réseaux peut avoir une signification économique.

Balkanisation, concurrence, couverture

Que deviennent ces principes généraux dès lors que l'on s'intéresse non plus aux infrastructures de télécommunications en général, mais au déploiement des réseaux métropolitains haut débit dans le double contexte rappelé en introduction ? L'ouverture de ce marché et la balkanisation des infrastructures sont-elles compatibles avec un objectif d'aménagement du territoire ? L'autorisation conférée aux collectivités locales permettrait-elle d'atteindre plus facilement cet objectif ? Avant d'essayer de répondre à ces questions, plusieurs précisions s'imposent.

Tout d'abord, il est communément admis depuis les travaux de Hotelling (1929) que l'introduction d'une métrique spatiale dans l'analyse de la concurrence en modifie sensiblement les conditions (Fujita, Thisse, 1997) et nous conduit vers des analyses en terme de concurrence monopolistique et d'interactions stratégiques. Ainsi, dès lors que l'on suppose une localisation des offreurs et des utilisateurs, la présence de plusieurs offreurs ne signifie pas *de facto* une concurrence entre tous ces derniers s'ils opèrent sur des espaces suffisamment distincts pour que leur comportement s'apparente à celui d'un monopole. Malgré le nombre croissant d'opérateurs entrant sur le marché des réseaux métropolitain haut débit, la localisation de leur infrastructure conduit à une différenciation des offres loin d'assurer une concurrence pure où le nombre d'opérateurs n'entraînerait pas d'interactions stratégiques.

Ensuite, si un objectif affiché d'aménagement du territoire doit s'appuyer sur un prix d'accès unique, il n'est pas sûr que cette contrainte soit compatible avec un surplus global du consommateur. En effet, et de manière quelque peu paradoxale, établir une règle de prix unique, voire de prix plafond, entraîne une forme de discrimination dès lors que l'on considère des différentiels de densité de population (Foros, Kind, 2003). Compte tenu du fait que l'amortissement des coûts fixes dépend de la forme du graphe du réseau, un réseau desservant un même nombre d'utilisateurs n'aura pas les mêmes coûts fixes selon la densité de la population sur les zones concernées. L'amortissement des coûts fixes intervenant dans la fixation des tarifs individuels, les utilisateurs résidant dans une zone dense en population se verront discriminés par rapport à ceux résidant dans les zones à faible densité.

Enfin, compte tenu de la nature même du processus de libéralisation du marché des télécommunications, il doit être envisagé différents scénarii concurrentiels. En particulier, on peut en établir deux. Celui où l'entrée des opérateurs est séquentielle, c'est à dire celui où l'on peut spatialiser l'entrée des opérateurs selon leur intérêt pour les régions fortement peuplées, les derniers entrants ayant le choix entre la concurrence dans les régions peuplées et le monopole dans les régions périphériques. Celui où les opérateurs décident de développer un réseau de manière simultanée, c'est à dire une situation où des régions ou des localisations non

pourvues se voient faire l'objet d'offres concurrentielles à un même moment. Ces deux scénarii ne peuvent s'appuyer sur les mêmes outils d'analyse mais peuvent tous deux se dérouler.

A notre connaissance, peu de travaux se sont intéressés aux liens que peuvent entretenir la structure de coût des opérateurs de réseaux de télécommunications locaux et les nécessités de prix unique et de couverture géographique lorsque existent des différentiels de densité de population. Ces travaux intègrent à leur manière tout ou partie de ces aspects incontournables d'un aménagement équilibré du territoire.

Valletti, Hoernig et Barros (2000) étudient le rôle des contraintes de prix uniforme et de couverture géographique sur l'entrée des opérateurs dans les marchés locaux de télécommunications. Bien que chaque région ait le même nombre de consommateurs, l'idée de différentiel dans les densités de population est introduite à travers le fait que chacune des régions présente des coûts fixes d'infrastructure différents. Cette hypothèse permet d'étudier les conditions d'offre d'infrastructure face à l'utilité que retire un consommateur représentatif de l'infrastructure dans chaque région. L'idée de hiérarchie urbaine est également implicitement présente à travers le fait qu'il n'y ait pas de gap entre la localisation des infrastructures, les opérateurs choisissant la localisation de leur infrastructure dans une logique de diffusion spatialement continue. De plus, dans un souci de simplification, ils supposent que les coûts marginaux sont inexistantes, ces derniers n'intervenant pas dans les choix de localisation des infrastructures, puisque seuls les différentiels de coûts fixes sont pris en compte. Enfin, il suppose que l'offre globale se compose de l'offre d'un opérateur historique et d'un opérateur entrant si bien que l'on se situe dans un cadre de concurrence stratégique sur des marchés locaux distincts.

Le premier résultat, en l'absence de contrainte de couverture imposée par un régulateur, est un résultat traditionnel des travaux sur la concurrence monopolistique. Sous la contrainte prix uniforme, le prix sera compris entre le prix du monopole et le prix du duopole et sera une fonction croissante de la couverture géographique. Selon la structure géographique des coûts fixes, les interactions stratégiques et « la dynamique de meilleures réponses » conduiront à un degré de couverture particulier, toujours plus faible que celui de la situation monopolistique. L'opérateur historique sera toujours en situation de monopole dans quelques régions mais devra tarifier à un même prix que les régions où il est en concurrence avec l'opérateur entrant. La couverture de l'opérateur entrant dépendra du prix uniforme. Elle sera d'autant plus large que le prix est élevé.

Le deuxième résultat est relatif à l'imposition par le régulateur d'une contrainte supplémentaire : celle du niveau de couverture géographique. L'objectif de cette dernière contrainte est d'essayer d'accroître le bien-être des consommateurs, mais elle peut conduire à de nouvelles interactions stratégiques entre opérateurs qui peuvent en réduire la portée. En effet, le degré de couverture de l'opérateur entrant augmentant moins que celui de l'opérateur historique, la part des régions où l'offre est monopolistique s'accroît au fur et à mesure que l'on cherche la couverture la plus large possible. Cette baisse de la part des régions où l'offre est concurrentielle conduit à une augmentation tendancielle des prix qui entraîne une perte de bien être pour les consommateurs qui étaient desservis lorsque seule une contrainte de prix uniforme était fixée.

Cette analyse montre les liens complexes qu'entretiennent aménagement du territoire, politique d'accès aux infrastructures et tarification, puisque d'un côté la recherche d'une couverture géographique la plus étendue possible va à l'encontre d'une tarification unique et « bon marché », alors que la fixation d'un prix uniforme réduit le niveau de couverture des opérateurs entrants, pouvant aller jusqu'à exclure définitivement des consommateurs dans l'hypothèse où un prix plafond est fixé.

Foros et Kind (2002) traitent le même problème sur la base d'hypothèses différentes. D'une part, du point de vue de la structure de coût, ils négligent les coûts fixes et s'intéressent uniquement aux coûts marginaux, défendant l'idée que ces derniers sont d'autant plus importants que l'on s'intéresse à des infrastructures « high-end », c'est-à-dire à des technologies « du dernier kilomètre », alors qu'ils sont négligeables pour les infrastructures « low-end », telles l'ADSL ou les fibres coaxiales. D'autre part, ils introduisent des différentiels de densité de population de manière plus précise et explicite que dans les travaux précédents, en supposant un continuum de régions qui diffèrent de par leur densité de population, même si les préférences des consommateurs sont identiques. De ces deux hypothèses, ils en déduisent en toute logique une troisième : les coûts de connexion marginaux par consommateur seront d'autant plus élevés que ce dernier se situe dans une zone faiblement peuplée, différenciant ainsi les demandes agrégées de chaque région.

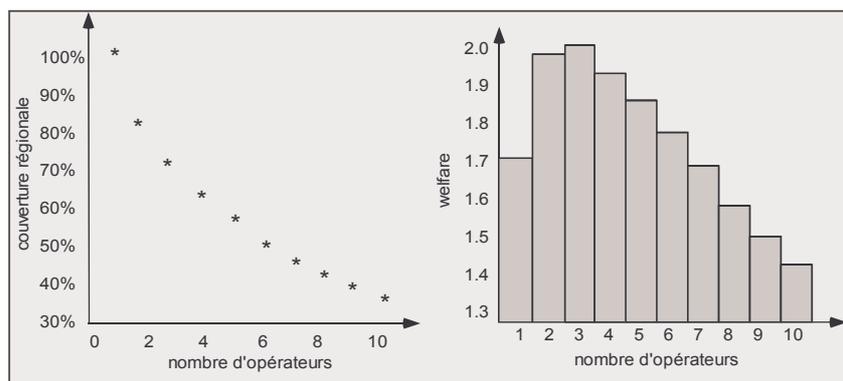


Figure 1 : concurrence, couverture géographique et bien-être global
(source : Foros & Kind, 2003, p. 227)

Le premier résultat, à partir d'une analyse « à la Cournot », est que sous une contrainte de prix uniforme, la concurrence oligopolistique entre les opérateurs conduit à deux tendances simultanées : l'accroissement du nombre d'opérateurs implique une réduction du prix. Mais la couverture géographique décroît au fur et à mesure du nombre d'opérateurs sur le marché, réduisant ainsi le bien-être global. L'explication est la suivante : d'un côté la perte de bien-être global provient de l'accroissement de la concurrence, lequel fait du tort aux régions périphériques, en raison de la nécessité économique d'amortir au mieux les coûts marginaux. De l'autre côté, ce même accroissement conduit à une baisse des prix dans les régions desservies, ce qui conduit à un accroissement du bien-être. Ces résultats sont repris dans la

figure 1. Si le bien-être augmente lorsqu'on passe du monopole au duopole, c'est en raison du fait que la baisse des prix fait plus que compenser la baisse du degré de couverture géographique, ce qui ne devient plus le cas dès lors que l'on dépasse un certain nombre d'opérateurs sur un même marché.

Le deuxième résultat, comme dans l'analyse des travaux précédents, est relatif à la contrainte de couverture géographique imposée par un régulateur. Les auteurs montrent que dans un jeu séquentiel où une autorité choisit dans une première étape le niveau de couverture avant que les firmes n'entrent en concurrence, le niveau de bien-être global est croissant avec le nombre de régions servies ainsi que le niveau de profit des firmes. Cette situation n'est pas vérifiée lorsqu'on suppose que les firmes choisissent séquentiellement le degré de couverture dans un premier temps et les quantités dans un deuxième. La première situation, bien connue des praticiens de la théorie des jeux appliquée aux télécommunications, montre le rôle des autorités de régulation s'agissant de la résolution des problèmes de coordination entre opérateurs (Turpin, 1995 ; Pénard, 2002). Alors que les firmes auraient un intérêt collectif à augmenter les prix en élargissant la couverture géographique, et face aux risques de comportement opportuniste, elles préfèrent diminuer les prix (par rapport à la tarification du monopole) et diminuer leur couverture géographique. Le régulateur intervient donc en tant que tierce personne chargée de résoudre le dilemme du prisonnier et le problème de coordination qui en découle.

Le tableau 2 discute de ces résultats et tente une synthèse. On se rend compte à travers cette analyse de toute l'ambiguïté des liens qu'entretiennent déploiement des infrastructures et aménagement du territoire dès lors qu'il s'agit de garantir un accès le plus large possible à un prix unique en l'absence de subvention ou de système de péréquation.

A partir de là, on possède quelques éléments de réflexion sur le rôle des collectivités locales, compte tenu du cadre institutionnel dans lequel elles seront amenées à opérer. La possibilité qui leur est donnée d'être opérateur de réseaux locaux de télécommunications permet-elle de répondre à cette ambiguïté dès lors qu'elles pourront intervenir en l'absence d'initiatives privées ? La première des réponses, quelque peu triviale, est que les collectivités locales qui seront amenées à prendre cette décision, ne pourront agir comme des opérateurs privés, puisqu'elles ne pourront arbitrer entre des régions selon les densités de population et le niveau de la demande, mais devront opérer dans leur propre périmètre. Or, compte tenu du fait que la concurrence que se livrent les opérateurs privés conduit à des initiatives dans les seules régions métropolitaines, seules les collectivités locales des régions périphériques seront confrontées à la décision d'intervenir dans le champ des infrastructures de télécommunications. A partir de là, comment inciter les collectivités locales à s'investir dans une telle mission dès lors que, même en l'absence de contrainte de prix uniforme, la structure des coûts dans les régions à faible densité ne peut raisonnablement conduire à des tarifications concurrentielles en l'absence de tout transfert de recette intra ou interrégionale.

HYPOTHESES			CONTRAINTES	RESULTATS	
	Valletti & alii	Foros & Kind		Valletti & alii	Foros & Kind
COUTS	CF élevés Cm nuls	CF nuls Cm élevés (fonction des densités de pop)	PRIX UNIFORME	Interactions stratégiques conduisant à une baisse des prix et de la couverture	Interactions stratégiques conduisant à une baisse des prix et de la couverture (au-delà d'un certain nombre d'opérateurs sur le marché global)
POPULATION/ DEMANDE	Hiérarchie régionale appréhendée en terme de montant des CF	Différentiel de densité de population			
OPERATEURS	Un opérateur historique et un opérateur entrant	Plusieurs opérateurs entrants	COUVERTURE GEOGRAPHIQUE	Hausse tendancielle des prix et perte de bien-être global	Hausse du bien-être des consommateurs et des profits des entreprises, seulement si couverture imposée par le régulateur en première période (résolution du problème de coordination), idem Valetti & alii sinon

Tableau 1 : concurrence, tarification et couverture des offreurs d'infrastructures

Une réponse définitive ne peut donc être formulée sans analyser les déterminants de la demande des utilisateurs d'infrastructures de réseaux. Jusqu'ici, nous avons ignoré la forme des fonctions de demande autrement que par les demandes régionales agrégées. Or, les demandes individuelles en infrastructures de réseaux ou services en réseaux possèdent des propriétés particulières qui les distinguent de celles des biens traditionnels.

Externalités de réseaux et dynamique de la demande

D'un point de vue général, la demande en infrastructures de réseaux se distingue de la demande en biens traditionnels en ce sens que la première génère un type particulier d'externalités, qualifiées d'*externalités de réseaux*, mises en évidence dans les années 1980 par Katz et Shapiro (1985, 1986, 1994). On parlera d'externalités de réseaux dès lors que la satisfaction ou l'utilité que retire un agent de l'adhésion à un réseau dépend du nombre d'utilisateurs connectés à ce même réseau ou à un autre réseau interconnecté au premier (Pénard, 2002 ; Vicente, 2002, 2003). Ces externalités particulières pourront s'appliquer soit aux infrastructures et services en réseaux, soit aux « biens systèmes », où la demande d'une des composantes dépend de la demande de l'autre des composantes, générant ainsi des effets de club (Curien, 2000). Ces externalités pourront également concerner les utilisateurs finals que sont les consommateurs, mais aussi les entreprises, pour lesquelles les infrastructures et les services en réseaux entrent dans la fonction de production. Pour les besoins de notre analyse, nous nous concentrerons sur les utilisateurs que sont les firmes et ne considérerons

que les infrastructures de réseaux que sont les réseaux locaux de télécommunications tels les réseaux métropolitains⁷.

Mais comme pour les conditions d'offre d'infrastructures, la dynamique des externalités de réseaux se doit d'être étudiée d'une part dans le contexte de balkanisation et de stratification des infrastructures et d'autre part en prenant en compte la distribution spatiale des utilisateurs. Ce dernier élément est d'autant plus crucial lorsqu'on étudie les conditions de la demande que dans cette distribution doivent être considérées également les structures d'interactions entre firmes utilisatrices des infrastructures locales. En effet, les infrastructures de réseaux se distinguent des facteurs traditionnels entrant dans la fonction de production et la demande de facteurs de par le fait qu'elles mettent en jeu les structures de communication externes de la firme. La forme des structures et l'intensité des interactions ne seront pas sans conséquence sur la dynamique des externalités de réseaux (Zimmermann, 2002 ; Vicente, 2004b) et les effets de polarisation qui en découlent. La notion économique d'externalités de réseaux rencontre alors celle, juridique, de GFU.

La demande des utilisateurs

De la définition générale que nous avons formulée des externalités de réseaux, on retiendra pour l'instant le fait que la demande d'un « bien réseau », telle une infrastructure de télécommunication, ne dépend pas uniquement des préférences intrinsèques des firmes pour l'utilisation d'une technologie, mais également du nombre de firmes connectées à cette infrastructure avec lesquelles elle peut entrer en communication. Dès lors, la satisfaction que retire une firme de son adhésion à un GFU sera une fonction croissante du nombre de firmes connectées. Plusieurs raisons peuvent expliquer cette relation croissante. Deux nous semblent essentielles. La première est un effet prix classique : le coût marginal de connexion diminuant avec le nombre d'utilisateurs en raison d'une répartition des coûts fixes sur une base plus étendue, l'opérateur peut diminuer le prix au fur et à mesure des connexions, ce qui accroît cumulativement la demande. La deuxième est un effet interaction : les firmes seront d'autant plus incitées à se connecter à un réseau que le nombre d'utilisateurs est élevé. Et, toute chose égale par ailleurs, si une firme fait face à un choix de réseaux, non connectés entre eux, la firme choisira le réseau où le nombre d'utilisateurs est le plus élevé, en raison du potentiel d'interaction plus large dans ce dernier (Arthur, 1989). Ainsi, disposition à payer et demande des utilisateurs sont dépendantes de ces deux effets. La figure 2 présente le deuxième effet.

La disposition à payer suit une courbe en cloche qui s'explique par l'existence d'externalités de réseaux du côté de la demande. Formellement, cela signifie que lorsque le nombre d'agents connectés au réseau est faible, l'effet interaction recherché par les agents est faible et donc la disposition à payer d'un agent supplémentaire est également faible. Cette disposition à payer s'accroît au fur et à mesure de l'accroissement du nombre d'agents connectés, puis décroît progressivement à partir du moment où tous les agents qui avaient une disposition à payer se sont déjà connectés. Si on neutralise le premier effet en supposant des rendements d'échelle constants du côté de l'offre, si bien que la courbe d'offre est une droite horizontale, on se rend

⁷ La problématique de l'aménagement du territoire par les TIC fait néanmoins également intervenir la problématique des « biens systèmes » si l'on prend en compte le fait que les infrastructures haut débit ne pourront assurer un développement local que si une expertise en logiciel, des services de maintenance et de conseil en télécommunications sont présents sur le territoire conjointement à l'infrastructure. Sur ce point, Cf. Bellone, Maupertuis (2003).

compte de la présence de trois équilibres mais dont on peut montrer en dynamique que seuls les équilibres en t_0 et t^* sont stables. Autrement dit, si la taille du réseau n'atteint pas le point t , elle converge rapidement vers t_0 alors qu'elle convergera rapidement vers t^* si sur une période elle atteint et dépasse le point t .

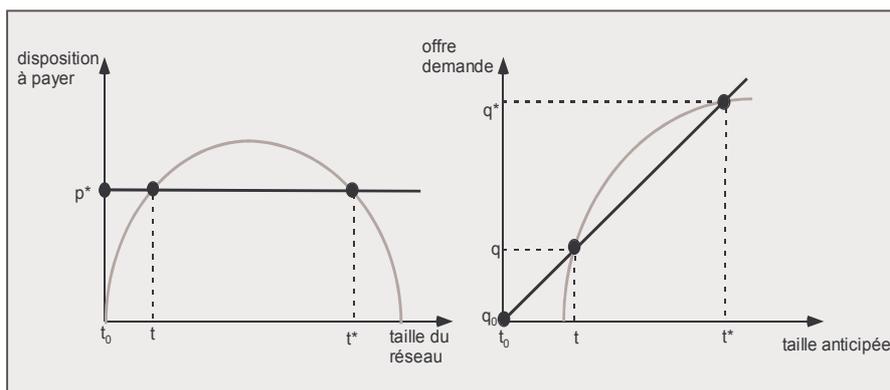


Figure 2 : externalités de réseaux et dynamique de la demande
(source : à partir de Curien (2000), Pénard (2002), Varian (2002))

On se rend compte alors lorsqu'on étudie une fonction de demande sujette à des externalités de réseaux qu'il est indispensable que la technologie de réseaux puisse atteindre une masse critique d'utilisateurs, ici le point t , pour se diffuser dans la population. Ce cas peut aussi s'appliquer à un ensemble de technologies concurrentes, où, par un processus de rendements croissants d'adoption (Arthur, 1989) et compte tenu de l'effet interaction soumis à des contraintes de compatibilité, la dynamique de marché sélectionnera une technologie parmi l'ensemble, à savoir celle qui la première aura atteint la masse critique d'utilisateurs.

La localisation des externalités de réseaux

Que nous enseigne cette approche générale des fonctions de demande soumises à des externalités de réseaux dès lors que l'on sort du cadre général pour entrer dans le contexte spécifique de notre étude, à savoir une balkanisation des infrastructures de télécommunications et l'existence d'une distribution spatiale des firmes ? Premièrement, compte tenu de la multiplication des projets de réseaux métropolitains à haut débit, l'approche générale des externalités de réseaux nous enseigne qu'une ou quelques régions peuvent capter les firmes au détriment de celles qui n'auraient pu atteindre la masse critique. Mais ce résultat dépend fortement du degré de mobilité géographique des firmes. Deuxièmement, même si les firmes sont immobiles, leur distribution spatiale peut également entraîner une sélection des projets de déploiement des réseaux métropolitains, car certaines régions ne possèdent pas au préalable une masse critique d'utilisateurs potentiels pour que l'infrastructure génère un effet interaction suffisamment fort qu'il incite les firmes à la connexion au GFU. Enfin, à distribution spatiale donnée, les flux potentiels de communication doivent être pris en compte pour étudier la demande en infrastructure locale de télécommunications. En effet, si le déploiement des réseaux métropolitains se justifie souvent comme un moyen de stimuler

l'activité locale ou régionale, les effets attendus d'une telle technologie seront alors étroitement dépendants des flux de communications entre firmes, flux qui ne sont pas forcément locaux selon les formes locales d'organisation productive (Markusen, 1996 ; Dang Nguyen, Vicente, 2003).

A ce jour, peu de travaux ont étudié la dimension spatiale des externalités de réseaux dans le cadre des fonctions de demande en infrastructures de télécommunications, à l'exception du travail de De Castro et Jensen-Butler (2003). Ces derniers prennent justement en compte à la fois la distribution spatiale et la nature spatiale des flux de communication des utilisateurs. Formellement, les auteurs étudient les liens entre demandes potentielles et demandes réelles à travers la disposition des agents à payer pour se connecter à une infrastructure locale de télécommunications. Ils supposent que cette infrastructure est un réseau local qui permet des communications au sein et en dehors de la région, à travers la possible connexion du réseau local à un réseau transversal type WAN. Dans la terminologie de Torre et Gilly (2000), les agents combinent des relations de proximité organisationnelles et géographiques, les deux n'étant pas forcément simultanément effectives. Ils supposent de plus que la communication à distance se réalise sur la base d'information publique, hautement codifiée, alors que la communication locale se réalise sur la base d'informations tacites et stratégiques⁸. La demande réelle va dépendre alors de la demande potentielle et des externalités locales de réseaux. La localisation de ces dernières sera d'autant plus forte que la région est peuplée d'agents qui échangent de l'information privée, tacite et spécifique à la région en question, et le potentiel d'interactions avec l'extérieur est d'autant plus fort que la demande potentielle de la région est forte, décrivant ainsi la nature des régions métropolitaines – centrales – qui combinent les relations locales aux relations à distance.

En supposant une offre fixée, les auteurs étudient les conditions d'équilibre régional selon les paramètres relatifs à la centralité des régions et à la localisation des externalités de réseaux. Si les agents ont une propension à communiquer avec l'extérieur proche de l'unité (c'est-à-dire qu'ils communiquent très peu à l'intérieur de la région), alors la demande réelle aura une forme qui suit de près celle de la demande potentielle. Mais si les agents implantés dans une région combinent de manière équivalente les deux types de relations, les résultats sont différents. Ces derniers sont résumés par la figure 3.

Cette figure présente la demande potentielle et réelle dans trois régions qui diffèrent selon leur paramètre de centralité. Si la région est une région périphérique, la faible population de la région ne permet pas d'atteindre la masse critique à partir de laquelle apparaissent les externalités de réseaux, et la disposition à payer effective (D_r^1) ne parvient pas à atteindre la demande potentielle. Si la centralité de la région s'accroît progressivement, la courbe se

⁸ La distinction entre l'information publique et l'information privée peut s'illustrer trivialement avec l'exemple de recherche d'information sur les restaurants. L'information publique pourra être diffusée par un site Internet qui référence les restaurants de toutes les régions et qui diffuse une information standardisée sur les spécialités et formules proposées. Localement, la demande pour ce type de service ne dépendra que peu de la demande locale et sera donc peu sujette à des externalités de réseaux. Par contre, l'information privée peut s'illustrer par le fait que les agents implantés dans une ville et qui ont l'habitude de se retrouver veulent échanger de l'information sur leurs expériences et la satisfaction qu'ils retirent des divers restaurants. Si cette information circule sur un réseau à travers des communautés locales d'utilisateurs, la satisfaction que retirera un consommateur potentiel dépendra largement du nombre de consommateurs déjà connectés, en raison de la corrélation positive entre le nombre d'informations diffusées et le nombre d'utilisateurs.

déplace vers D_r^2 et D_r^3 . En D_r^3 , on se situe dans le cas d'une région métropolitaine. Dans ce cas, la disposition à payer effective converge vers la disposition potentielle plus rapidement que dans le cas de D_r^2 , en raison du potentiel d'interaction plus large localement et globalement, et la courbe laisse apparaître une forme caractéristique des fonctions de demande soumises à des externalités de réseaux. On retrouve une même forme plus atténuée dans le cas intermédiaire (D_r^2), où la première partie décroissante traduit l'existence d'un marché de quelques agents communiquant avec l'extérieur, avant que soit atteinte une masse critique où les externalités locales de réseaux apparaissent, mais de manière moins marquée que dans le cas précédent. En particulier, au prix p_1 , la demande ne peut rencontrer l'offre et l'infrastructure ne peut être déployée sans perte, alors que l'offre rencontre une demande en D_r^3 , dès lors que la masse critique est atteinte.

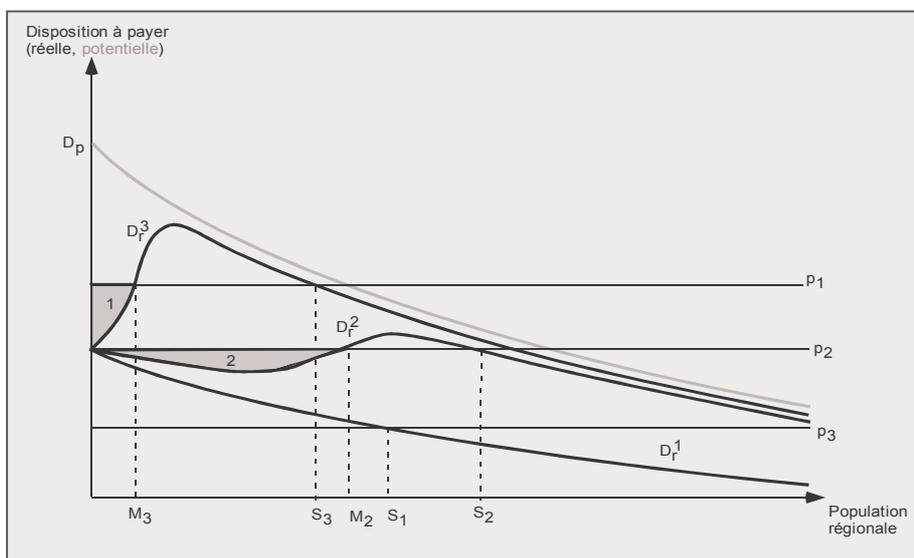


Figure 3 : disposition à payer et externalités de réseaux du côté de la demande
(Source : à partir de De Castro et Jensen-Butler, 2003, p. 44)

S'agissant des équilibres régionaux, pour la région périphérique, un équilibre (S_1) est atteint pour p_3 , alors que lorsque le prix s'élève au-dessus de p_2 , la disposition à payer est toujours trop faible pour qu'elle corresponde à l'offre d'infrastructure. Dans le cas des régions intermédiaires et centrales, on obtient respectivement trois équilibres pour p_2 et p_1 , dont on a vu dans le cas général vérifié ici que deux seulement sont stables. S_2 (resp. S_3) ne peuvent être atteints que si les zones 2 (resp. 1), à savoir les populations d'utilisateurs M_2 (resp. M_3), font l'objet de subventions d'accès, pour atteindre une masse critique, sinon l'offre se retrouve face à une demande nulle.

En synthèse et du côté de la demande, les résultats obtenus par De Castro et Jensen-Butler (2003) montrent que les régions centrales ont un avantage dans le développement des infrastructures locales de télécommunication, en raison du poids des externalités de réseaux

qui dépend du potentiel d'interaction au sein de la région. Ce raisonnement peut se voir accentué si on raisonne non plus en statique comparative, mais en dynamique. En effet, dans ce dernier cas, on peut retrouver les processus de rendements croissants d'adoption évoqués dans le cas général : si l'on suppose une mobilité interrégionale des agents dont le coût est inférieur aux différentiels de disposition à payer entre les régions, cette mobilité peut conduire à renforcer le poids des externalités de réseaux dans la région centrale en l'affaiblissant corrélativement dans les régions périphériques et intermédiaires. En contrepartie, si l'on ne raisonne plus en terme d'agent représentatif dans les dispositions à payer, il se peut que des régions périphériques puissent atteindre une masse critique grâce à l'existence « d'utilisateurs précoces » prêts à payer un prix largement supérieur au prix moyen de marché dans les régions métropolitaines. C'est ainsi que des exemples de développement numérique rural ont pu voir le jour en France (cas emblématique de Parthenay, Deux Sèvres).

Quelle marge de manœuvre pour les collectivités locales dans ce cadre ? Si certaines régions métropolitaines trouveront une offre privée compte tenu des perspectives de profit issues d'une combinaison d'une masse critique d'utilisateurs et d'un fort potentiel d'interactions au sein et en dehors de la région, d'autres à l'inverse devront à travers l'action publique locale favoriser le déploiement d'infrastructures. Pour ces régions, deux alternatives apparaissent dans l'approche développée ci-dessus. Soit, voyant qu'elles ne pourront proposer une tarification qui soit en adéquation avec la demande potentielle ou qui permettent à la demande réelle d'atteindre la demande potentielle, la collectivité locale décide de ne pas investir dans une infrastructure locale de télécommunication. Elle prend ainsi le risque de perdre en attractivité au profit de régions voisines. Soit, dans un cadre de faible aversion au risque, la collectivité locale décide d'investir. Dans ce dernier cas de figure, l'approche montre qu'il est alors nécessaire pour la collectivité locale de prévoir une subvention d'accès pour espérer atteindre la masse critique d'utilisateurs au-delà de laquelle les externalités de réseaux assure une croissance substantielle de la demande. Cette dernière stratégie pourra alors paraître périlleuse si, par un effet interaction localement insuffisant, cette masse critique ne pouvait être atteinte. La collectivité locale serait alors dans une situation où elle aurait investi à perte, les subventions d'accès constituant de plus des coûts irrécupérables. La question des subventions d'accès pose de plus le problème de leur financement, car si elles doivent être financées par les collectivités locales elles-mêmes, les régions périphériques déployant des infrastructures de réseaux se voient défavorisées en terme de concurrence fiscale par rapport aux régions centrales qui n'ont eu recours, ou alors dans une moindre mesure, aux subventions d'accès. A l'inverse, si les subventions locales d'accès sont financées à un niveau central, elles peuvent alors constituer un outil de rattrapage des régions périphériques. Mais les possibilités de rattrapage dépendent alors de la dynamique de marché, c'est-à-dire de l'interaction dynamique entre l'offre et la demande en infrastructure.

La dynamique de marché : infrastructures de réseaux et polarisation

Jusqu'à maintenant, nous avons étudié séparément les conditions d'offre et de demande d'infrastructures locales de télécommunication, en supposant donnée respectivement les conditions de demande et d'offre. Etudier la dynamique de marché nécessite de lever ces contraintes. Notamment, lorsque nous avons étudié la demande, nous avons insisté sur l'effet interaction et communication en neutralisant l'effet prix par des conditions d'offre linéaires, quel que soit le volume de la demande. Or, si l'on réintroduit les coûts de réseaux dans la dynamique de marché, leur spécificité, associée aux externalités de réseaux, génère un

phénomène de rétroaction positive qui conduit à une monopolisation de l'offre dans quelques régions dont les conditions initiales sont favorables au déploiement de réseaux. Le cas de l'accès aux infrastructures de télécommunications haut débit dans l'espace français illustre ce phénomène.

Dynamique de marché et rétroactions positives

L'existence de coûts de réseaux au niveau des conditions d'offre et d'externalités de réseaux du côté des conditions de demande va générer une dynamique de marché des infrastructures locales de télécommunications particulière, qui ne sera pas sans conséquences sur les équilibres régionaux en terme d'équipements et d'accès. Formellement, l'offre et la demande vont interagir de concert au travers d'un mécanisme de rétroactions positives (Arthur, 1990) dont le résultat en l'absence de toute intervention extérieure est un déséquilibre régional.

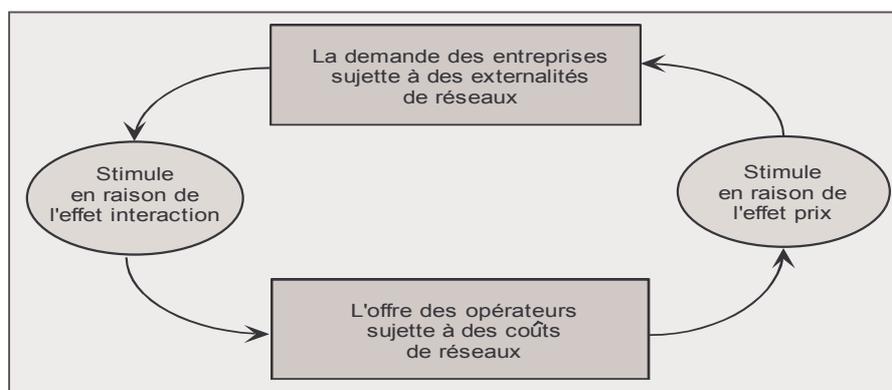


Figure 4 : dynamique de marché en présence de rétroactions positives

La figure 4 tente une synthèse de ce mécanisme. Lorsqu'une infrastructure de réseaux commence à être adoptée par quelques utilisateurs, ces adoptions génèrent des externalités de réseaux pour les prochains utilisateurs qui voient la satisfaction qu'ils retireraient d'une connexion augmenter au fur et à mesure des adoptions successives. C'est l'effet interaction identifié ci-dessus : la satisfaction retirée de la connexion à un GFU est une fonction croissante du nombre d'agents connecté en raison de l'étendue plus large des possibilités de communication. Cet afflux de demande issu des externalités de réseau va stimuler l'offre d'infrastructures. Cette dernière est sujette à une structure de coûts particulière identifiée dans la section 2 : les coûts fixes étant importants, les coûts moyens décroissants et les coûts marginaux faibles jusqu'à un seuil de capacité technique du réseau, l'opérateur ou les opérateurs ayant localisé leurs infrastructures dans les régions où les externalités de réseaux sont élevées pourront diminuer les tarifs tout en reconstituant leur profit. Cette baisse des prix d'accès va rétroagir sur la demande, attirant les utilisateurs potentiels dont la disposition à payer était jusque-là inférieure aux tarifs d'accès initialement proposés, élargissant ainsi la base d'utilisateurs. Ce nouvel afflux de demande va de nouveau rétroagir sur l'offre, si bien que la demande est stimulée à la fois par la demande et par l'offre, c'est-à-dire respectivement par un effet interaction et un effet prix.

Mais ce cercle vertueux ne peut se dérouler de manière simultanée dans toutes les régions. A l'inverse, il s'agit plutôt d'une sélection des régions qu'opère le mécanisme économique de rétroactions positives. En effet, si l'on a vu en isolant l'effet prix que les subventions d'accès pouvaient conduire les régions intermédiaires ou périphériques à atteindre la masse critique d'utilisateurs, l'introduction de cet effet relativise grandement cette probabilité, et ce pour deux raisons intrinsèquement liées. Elles ont déjà été évoquées lors de l'étude des conditions d'offre, mais elles prennent plus d'importance encore en liaison avec la dynamique des externalités de réseaux. La première est relative au graphe de l'infrastructure : à population égale et taille différente, une région périphérique et une région métropolitaine ne pourront exhiber le même graphe compte tenu des densités respectives de population. Il s'ensuit un coût fixe plus élevé dans la région périphérique qui se traduira par une tarification plus élevée, si bien que des deux équilibres « attracteurs » d'une dynamique sujette à des externalités de réseaux, c'est l'équilibre où la demande converge vers zéro qui pourrait apparaître, alors même que les dispositions à payer pouvaient être *a priori* les mêmes dans les deux régions. La deuxième raison est relative à l'obtention de la masse critique. Dès lors que l'on introduit un effet prix dans un contexte de balkanisation des infrastructures, la masse critique est d'autant plus vite atteinte que l'on considère une région métropolitaine, et ce en raison du potentiel d'interactions et de communications plus élevé qui assure une décroissance des tarifications plus rapide que dans la région périphérique. La couverture de l'ensemble d'un territoire se voit donc théoriquement réduite par rapport au cas où l'on considère des fonctions de demande traditionnelles car la dynamique de marché reste fortement influencée par ces mécanismes de rétroactions positives qui conduisent des régions à monopoliser l'offre.

Réseaux et polarisation : le cas français

Ces mécanismes de rétroactions positives se retrouvent empiriquement dans le cas français. Ce cas est illustré en partie par les figures 5, 6 et 7 suivantes⁹. D'un point de vue général, la figure 5 montre à la fois la structure concurrentielle des opérateurs et le taux de couverture géographique. Il apparaît un parallèle évident entre les hiérarchies et densités urbaines et le niveau de couverture de l'espace français, tout comme ces mêmes hiérarchies et densités apparaissent positivement corrélées au degré de concurrence au niveau de l'offre des opérateurs. Lorsque les zones sont desservies par plusieurs opérateurs, certaines d'entre elles font l'objet d'une concurrence différenciée puisque coexistent sur un même territoire des accès haut débit aux infrastructures nationales, régionales et locales.

Ce sont ces dernières, à travers le déploiement de réseaux métropolitains, qui constituent aujourd'hui l'outil de promotion et de valorisation des territoires, en ce sens que le fonctionnement en GFU permet de générer une dynamique locale qui combine l'effet interaction et l'effet prix qui devraient conduire à un avantage comparatif du bassin d'emploi en terme d'attractivité et de performance.

Si les grandes métropoles françaises sont toutes dotées de telles infrastructures, les bassins d'emploi des zones intermédiaires et périphériques sont peu nombreux à proposer une telle offre d'infrastructures locales (figure 6). Lorsque tel est le cas, il faut y voir le rôle joué par les acteurs publics locaux, qui bien que ne pouvant être opérateur de télécommunication jusqu'à ce que la loi les y autorise, ont participé au déploiement de ces réseaux locaux en créant des

⁹ D'autres cartes sont disponibles sur www.ortel.fr, notamment sur les projets locaux, les parts d'entreprises connectées au haut débit et les solutions techniques adoptées.

sociétés d'économie mixte avec les entreprises et les institutions du bassin. Cette stratégie a permis aux collectivités locales de pouvoir attirer des opérateurs sur leur territoire, lesquels ne se seraient pas présentés en l'absence des moyens financiers que la création de telles structures confère.

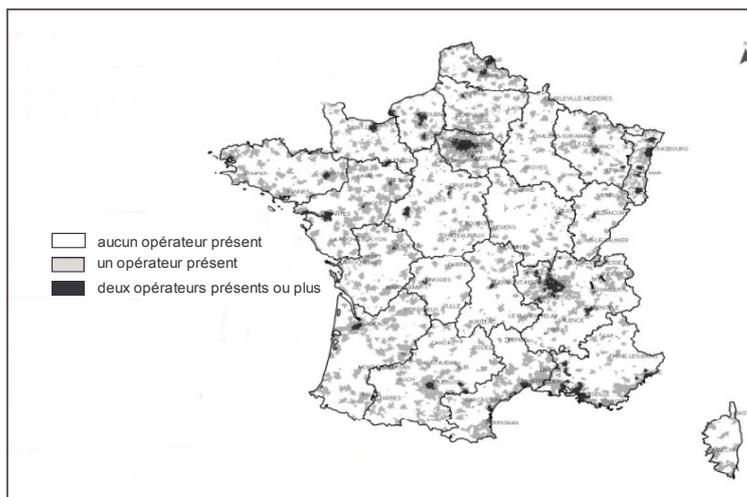


Figure 5 : l'accès aux infrastructures de télécommunication haut débit en France, dec 2002
(Source : Observatoire Régional des Télécommunications, www.ortel.fr)

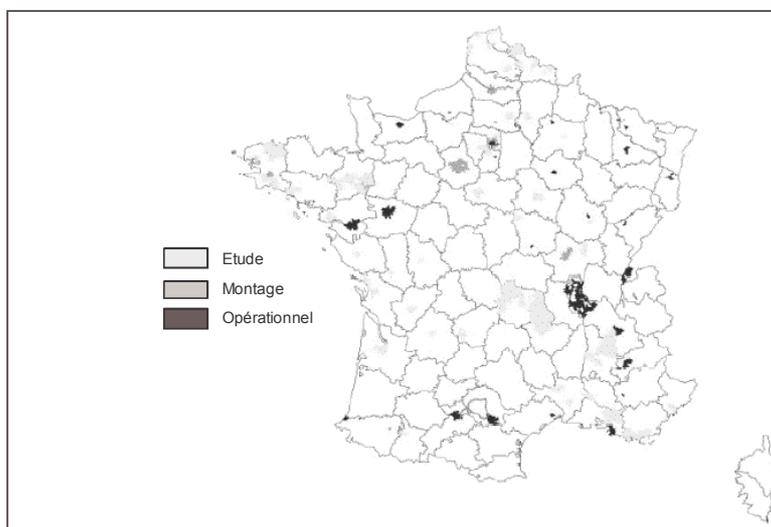


Figure 6 : Réseaux métropolitains haut débit en France, septembre 2003
(Source : Observatoire Régional des Télécommunications, www.ortel.fr)

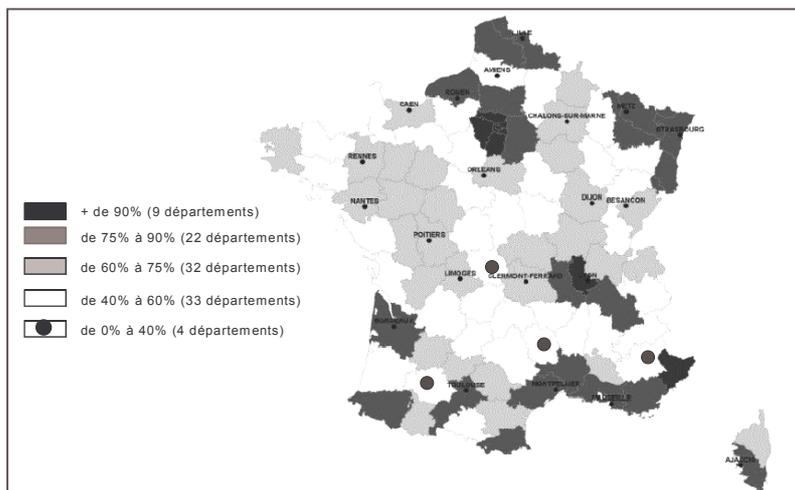


Figure 7 : Part des entreprises situées dans un département couvert partiellement ou totalement par au moins une technologie haut débit en France, septembre 2003 (source : Observatoire Régional des Télécommunications, www.ortel.fr)

Malgré l'ouverture à la concurrence du secteur des télécommunications et le rôle joué par les collectivités locales dans le déploiement des réseaux, l'accès des entreprises aux infrastructures de réseaux numériques reste d'une part largement en deçà des espérances et d'autre part présente des inégalités géographiques fortes (figure 7). En effet, si pour neuf départements français, au moins 90% des entreprises ont un accès aux infrastructures de réseaux, quel que soit le débit, cette statistique tombe à au plus 40% pour quatre départements. Des données plus détaillées issues de la même étude montrent également que seulement 20 départements sont capables d'offrir une connexion haut débit à 50% au moins des entreprises situées en leur sein.

Si l'on en croit notre interprétation théorique, l'effet interaction combiné à l'effet prix devrait à travers le mécanisme économique des rétroactions positives renforcer cette tendance à la polarisation des infrastructures. Et si l'on suppose une mobilité géographique des entreprises, ces rétroactions positives devraient renforcer le caractère imparfait du régime de concurrence territoriale (Thisse, Van Ypersele, 1999), alors même que les infrastructures de réseaux possèdent des caractéristiques techniques de décentralisation et de déconcentration des flux de communication. Au final, il semble que le couple concurrence territoriale et balkanisation des infrastructures ne favorise pas un équilibre géographique des investissements. Tout comme il semble que, si les initiatives des acteurs publics locaux apparaissent comme une condition nécessaire pour attirer les opérateurs, les coûts de réseaux associés aux externalités de réseaux crée une dynamique de marché qui rend périlleux l'investissement des régions intermédiaires et périphériques dans les réseaux. Dans ce cadre-là, l'autorisation conférée aux collectivités locales d'être opérateurs de télécommunications peut apparaître comme une condition nécessaire mais non suffisante.

Interconnexion, coopération sur les réseaux et régulation

Dès lors que l'on se situe dans un cadre de concurrence territoriale imparfaite, les interactions entre collectivités locales sont de nature stratégique (Thisse, Van Ypersele, 1999), de telle sorte que les stratégies d'une région dépendent des stratégies de l'autre région. Dans un cadre spatial, ces interactions stratégiques ont d'autant plus d'importance que l'on se situe dans le cadre de régions voisines en raison des phénomènes de débordement et d'indivisibilité. Qu'en est-il de ces interactions stratégiques dès lors que l'on s'intéresse à ces externalités particulières que sont les externalités de réseaux ? Stimuler la concurrence stratégique entre collectivités, quelle que soit leur taille, est-il un moyen de favoriser la diffusion des infrastructures de réseaux et l'accès à ces dernières ?

Le dilemme de la coopération

Compte tenu de la définition même des coûts et des externalités de réseaux, il apparaît que l'intérêt pour une collectivité locale est d'arbitrer en faveur d'un graphe de l'infrastructure qui associe un volume élevé d'utilisateurs à un graphe minimisant le montant des coûts marginaux de connexion de ces derniers. A partir de là, se pose la question de l'échelle géographique à laquelle un réseau doit être déployé pour assurer la rentabilité du projet, tout comme se pose la question de la possible coopération des collectivités locales voisines dans la définition d'un projet de réseau commun. En effet, Dans le cadre d'un réseau local, l'arbitrage est d'autant plus important que la disposition à payer des utilisateurs est une fonction croissante de leur nombre, si bien que les utilisateurs auront une disposition à payer plus forte que la taille du GFU est importante, compensant les coûts pour les deux collectivités du déploiement d'une infrastructure basée sur un graphe générant des coûts marginaux plus élevés. De même, les utilisateurs auront une propension à se localiser dans une zone intermédiaire ou périphérique d'autant plus forte qu'ils ont la possibilité de se connecter à un GFU regroupant des utilisateurs localisés dans la zone métropolitaine voisine, bénéficiant ainsi des externalités de réseaux.

Ces stratégies de coopération sont généralement analysées dans le cadre de l'économie des réseaux à travers des jeux de coordination qui étudient les stratégies des agents faisant face à un problème d'interconnexion ou de compatibilité. D'un point de vue général, deux offreurs d'infrastructures ou services en réseaux peuvent retirer un avantage à coopérer à travers l'interconnexion de leurs infrastructures ou services techniquement compatibles, afin de bénéficier des externalités de réseaux. Cette stratégie accroît en effet leur profit en même temps qu'elle accroît le bien-être social (Katz, Shapiro, 1985). Mais parallèlement, la coopération entre offreurs interconnectés conduit à une intensification de la concurrence qu'ils se livrent, puisque les profits qu'ils tiraient de l'incompatibilité étaient des profits assimilables à ceux d'entreprises opérant sur des marchés différenciés. Dès lors, les bénéfices retirés de la coopération sont ambigus. Si l'on se situe dans le cadre plus précis des interactions entre collectivités locales, le contexte de concurrence territoriale dans lequel elles opèrent conduit aux mêmes ambiguïtés.

Théorie des jeux et nécessité d'interconnexion

Cette situation peut se ramener à jeu de coordination du type « guerre des standards » (Economides, 1996 ; Pénard, 2002), où les collectivités locales confrontent leurs stratégies.

Généralement dans ce type de jeu, la compatibilité technologique des réseaux est vue comme un préalable à leur interconnexion. Mais dans un cadre spatial, un problème d'interconnexion est assimilable directement à un problème de compatibilité, dans le sens où même s'ils sont techniquement compatibles, deux réseaux ne peuvent permettre à deux utilisateurs de communiquer s'ils ne possèdent pas de points de connexion communs. Dès lors, dans un cadre spatial, un jeu de standards s'assimile à jeu d'interconnexion.

		Collectivité 2	
		Accepte l'interconnexion	Refuse l'interconnexion
Collectivité 1	Accepte l'interconnexion	$\Pi^I - \frac{C_I}{2}; \Pi^I - \frac{C_I}{2}$	$\Pi^I - C_I; \Pi^I$
	Refuse l'interconnexion	$\Pi^I; \Pi^I - C_I$	$\Pi^{nI}; \Pi^{nI}$

Tableau 3 : Matrice de gains du jeu d'interconnexion avec externalités de réseaux et coûts d'interconnexion

Supposons deux collectivités locales voisines. Chacune d'elles a la possibilité d'accepter d'interconnecter son réseau avec celui de l'autre collectivité ou de refuser. L'interconnexion possède un coût lié à la mise en commun des infrastructures. Ce coût, noté C_I , est l'équivalent du coût de mise en compatibilité du jeu des standards. Dans notre cadre, il peut prendre la forme soit d'un coût d'interconnexion entre deux réseaux existants, soit le coût supplémentaire engendré par la conception d'un réseau commun par rapport à deux projets distincts, soit le coût que devra supporter une collectivité si elle souhaite déployer un réseau et le connecter au réseau existant de la collectivité voisine. Le profit retiré par les collectivités locales peut être assimilé aux bénéfices retirés par les collectivités de la connexion des utilisateurs, ces bénéfices étant plus de nature indirecte (supplément de recette de fiscalité locale issu de l'attractivité et du développement du territoire couvert par l'infrastructure) que directes (bénéfices issus de la gestion du réseau). On suppose de plus que le profit de la collectivité issu de l'interconnexion des réseaux (Π^I) est strictement supérieur au profit de la collectivité en l'absence d'interconnexion (Π^{nI}), et ce en raison même de la définition des externalités de réseaux. En effet, dans le cas d'une interconnexion, que celle-ci provienne d'une coopération entre les deux collectivités ou de la décision de l'une d'entre elles, la disposition à payer des utilisateurs est plus élevée que celle en l'absence d'interconnexion, et ce en raison de l'effet interaction développé dans la section précédente. Même si les collectivités ne souhaitent pas augmenter la tarification du réseau suite à l'interconnexion, les gains pour les collectivités seront également supérieurs en raison de la demande supplémentaire issue des externalités de réseaux supplémentaires qu'engendre l'interconnexion.

Les gains des collectivités sont représentés dans un jeu d'interconnexion par la matrice de gains suivante :

La recherche de l'équilibre de Nash permet de bien comprendre le résultat de la confrontation des stratégies de deux collectivités locales voisines s'agissant de l'étendue géographique du déploiement des réseaux. On distingue deux cas selon le niveau des coûts d'interconnexion

C_I :

- Soit $C_I < \Pi^I - \Pi^{nl}$, c'est-à-dire un coût d'interconnexion suffisamment faible pour qu'il soit inférieur à la différence entre le profit de l'interconnexion et celui de la stratégie de « cavalier seul ». Dans ce cas, on se retrouve avec deux équilibres de Nash symétriques où une région accepte l'interconnexion alors que l'autre refuse et réciproquement. Plus précisément, on est conduit à une situation où les coûts d'interconnexion sont suffisamment faibles pour que l'une des régions soit en mesure d'accepter de supporter l'ensemble des coûts d'interconnexion si bien que l'autre refuse de céder alors même qu'elle profitera des bénéfices issus de l'interconnexion. Dans le cas d'une concurrence territoriale, cette situation peut correspondre au cas où une région périphérique envisage de déployer un réseau local et de l'interconnecter au réseau existant de la région métropolitaine voisine afin de faire bénéficier aux utilisateurs de son périmètre des externalités de réseaux issues de la région métropolitaine, et même devenir attractive pour les utilisateurs de cette dernière. Dans ce cas, la collectivité locale de la région métropolitaine n'est pas incitée à financer les coûts de l'interconnexion, si bien que ces derniers sont financés seulement par la collectivité de la région périphérique. Cette situation peut être à terme néfaste pour la région périphérique qui, bien qu'interconnectée à la région métropolitaine, devra répartir les coûts de l'interconnexion sur les utilisateurs de son périmètre, leur proposant ainsi des conditions d'offre moins avantageuses que celle de la région métropolitaine.
- Soit $C_I > \Pi^I - \Pi^{nl}$, c'est-à-dire un coût d'interconnexion suffisamment élevé pour qu'il soit supérieur à la différence entre le profit de l'interconnexion et celui de la stratégie de « cavalier seul ». Dans ce cas, c'est l'équilibre non-coopératif qui prévaut comme équilibre de Nash d'un dilemme du prisonnier. En effet, la confrontation des stratégies des deux collectivités locales conduit à un équilibre où elles refusent chacune un accord d'interconnexion de leur réseau respectif. Leur stratégie dominante les conduit à faire « cavalier seul », alors même que l'interconnexion réciproque leur garantirait un gain plus élevé. Mais cette situation ne peut constituer un équilibre stable en l'absence de toute incitation à la coopération. Une fois encore, si l'on considère une région métropolitaine et une région périphérique voisines, la dynamique des rétroactions positives issue de l'interaction entre les coûts et les externalités de réseaux va conduire à une forte attractivité de la région métropolitaine au détriment de celle de la région périphérique, dont l'investissement dans les réseaux va s'avérer périlleux en l'absence d'accord d'interconnexion.

En synthèse, on retiendra que les coûts de l'interconnexion constituent la variable discriminante de l'interconnexion des réseaux locaux. Si les coûts sont élevés, l'interconnexion n'aura pas lieu, alors que s'ils sont faibles, l'interconnexion aura lieu mais sera alors à la charge de la région périphérique. Mais quel que soit le cas de figure, le

déploiement d'un réseau pour une région périphérique soumise à la loi des rétroactions positives qui caractérise toute infrastructure de réseau sera une stratégie risquée en l'absence de toute intervention extérieure ou de tout mécanisme autre que des mécanismes de marché. Dans le cas d'un faible coût d'interconnexion, la stratégie sera risquée si aucun mécanisme de péréquation n'est prévu pour compenser le fait que seule la collectivité de la région périphérique assume le coût de l'interconnexion. On retrouve ainsi les arguments déjà avancés par Katz et Shapiro (1985) selon lesquels ce mécanisme de péréquation, appelé « side payments », conduira à un accroissement des profits des firmes – ici les collectivités locales – en même temps qu'il engendrera un accroissement du bien-être social, dès lors que les biens concernés génèrent des effets de réseaux. Dans le cas d'un fort coût d'interconnexion, la stratégie serait également risquée si aucun mécanisme de gouvernance ne vient résoudre le défaut de coordination du jeu d'interconnexion, alors même que collectivités locales et utilisateurs en sortiraient gagnants. En particulier, les zones métropolitaines qui bénéficient d'une offre privée abondante, pourraient contribuer à financer l'interconnexion avec une infrastructure locale des zones périphériques voisines. Cela pourrait permettre aux acteurs économiques de chaque région de bénéficier des externalités de réseaux. A travers une règle de tarification de l'interconnexion fixée par le régulateur, cela reviendrait à reconnaître que le ou les fournisseur(s) du réseau dans la zone métropolitaine se trouvent en situation de position dominante par rapport aux zones périphériques voisines. Ce supplément de coût pour les régions métropolitaines pourrait se voir contrebalancer à moyen et long terme par une baisse de leurs charges liées à la gestion des effets de congestion, dont on mesure l'accroissement corrélatif au processus de métropolisation des économies contemporaines (Thisse, Van Ypersele, 1999). On retrouve sous une autre forme les résultats de Foros et Kind (2002) développés ci-dessus selon lesquels seul un régulateur indépendant des deux collectivités locales peut résoudre ce dilemme de la coopération. Ainsi, la possibilité juridique offerte aux collectivités locales d'être opérateurs de réseaux de télécommunications ouverts aux entreprises peut-elle être étudiée sous un angle économique. Cette possibilité n'aura d'effet sur la diffusion des infrastructures numériques des régions métropolitaines vers les régions périphériques, accroissant ainsi l'étendue de la couverture géographique, que si cette possibilité s'accompagne, au-delà d'une seule croyance dans les vertus de la décentralisation et de la coopération décentralisée, d'une gouvernance multi-niveaux où cette coopération est régulée par des mécanismes d'incitation et de contrôle supra-régionaux.

Conclusion : décentralisation et gouvernance

A l'issue de cette réflexion, on se rend compte de la complexité des liens qu'entretiennent déploiement des infrastructures de réseaux de télécommunication haut débit et aménagement du territoire. Les principales raisons de cette complexité sont à rechercher dans la balkanisation des infrastructures et la dynamique de marché particulière des biens sujets à des coûts et des externalités de réseaux. Dans ce cadre-là, la possibilité offerte aux collectivités locales d'être opérateurs de télécommunications constitue une mesure dont les effets attendus sur l'aménagement du territoire risquent d'être largement en deçà des espérances. En effet, la loi économique des rétroactions positives vient contrecarrer ces espérances en favorisant l'attractivité des régions métropolitaines au détriment des régions périphériques, rendant périlleux l'investissement des collectivités locales de ces dernières régions. La mise en place d'un mécanisme de péréquation semble une condition nécessaire à la diffusion des infrastructures de réseaux des régions métropolitaines vers les régions périphériques. Mais un tel mécanisme ne pourra s'avérer suffisant en l'absence d'une forme de régulation de la

coopération décentralisée entre ces régions. Si d'un point de vue technologique, les vertus décentralisatrices de la technologie numérique sont bien réelles, les aspects économiques plaident en faveur d'une logique polarisante. Face à une telle contradiction, c'est du côté des logiques institutionnelles que sont à rechercher les conditions d'un aménagement du territoire fondé sur les réseaux.

Références

- Antonelli, C. 2003. "The digital divide: understanding the economics of new information and communication technology in the global economy" *Information Economics and Policy*, 15: 173-199.
- Armstrong, M. 1997. "Competition in telecommunications" *Oxford review of Economic Policy*, 13: 64-82.
- Arthur, W.B. 1989. "Competing technologies, increasing returns and lock-in by historical events" *The Economic Journal*, 99: 116-131.
- Arthur, W.B. 1990. "Positive feedbacks in economics" *Scientific American*, 262: 92-99.
- Bellone, F. and M.A. Maupertuis. 2003. "Diffusion des technologies de l'information et de la communication et croissance dans les régions périphériques" *Economies et Sociétés*, 4: 557-587.
- Curien, N. 2000. *Economie des réseaux*, Paris: Repères, La Découverte.
- Curien, N. and M. Gensollen. 1992, *Economie des télécommunications*, Paris: Economica.
- Dang Nguyen, G. 2003. *Entreprises et hauts débits : le rôle des collectivités locales*, Paris: rapport OTV et DIGITIP.
- Dang Nguyen, G. and D. Phan. 2000. *Economie des télécommunications et de l'Internet*, Paris: Economica.
- Dang Nguyen, G., and J. Vicente. 2003. "Réseaux métropolitains, coordination et ancrage de l'activité économique" *Géographie, Economie, Société*, 5: 287-310.
- De Castro, E.A. and C. Jensen-Butler. 2003. "Demand for ICT-based services and regional economic development" *Papers in Regional Science*, 82: 27-50.
- Economides, N. 1996. "The economics of networks" *International Journal of Industrial Organisation*, 14: 673-699.
- Foros, O. and H.J. Kind. 2003. "The broadband access market : competition, uniform pricing and geographical coverage" *Journal of Regulatory Economics*, 23: 215-235.
- Fujita, M. and J.F. Thisse. 1997. "Economie géographique, problèmes anciens et nouvelles perspectives" *Annales d'Economie et Statistique*, 45: 37-87.
- Gillespie, A., R. Richardson and J. Cornford. 2001. "Regional development and the new economy" *EIB papers*, 6: 109-131.
- Katz, M.L. and C. Shapiro. 1985. "Network externalities, competition, and compatibility" *American Economic Review*, 75: 424-440.
- _____. 1986. "Technology adoption in presence of network externalities" *Journal of Political Economy*, 94: 822-841.
- _____. 1994. "Systems competition and network effects" *Journal of Economic Perspectives*, 8: 93-115.
- Laffont, J.J. and J. Tirole. 2000. *Competition in telecommunications*, Cambridge, MA: MIT Press.
- Lethiais, V., A. Rallet and J. Vicente. 2003. "TIC et réorganisation spatiale des activités économiques" *Géographie, Economie, Société*, 5: 275-285.
- Malecki, A.J. 2002. "The economic geography of the Internet's infrastructure" *Economic Geography*, 78: 399-424.
- Markusen, A. 1996. "Sticky places in slippery space : a typology of industrial districts" *Economic Geography*, 72: 293-313.
- Pau, L.F., 2002. "The communications and information economy : issues, tariffs and economic research areas" *Journal of Economic Dynamics and Control*, 26: 1651-1676.
- Pénard, T. 2002. "Stratégies et concurrence dans la Net-économie", in Baslé, M and T. Pénard (eds). *eEurope : la société européenne de l'information*. Paris: Economica.
- Quah, D. 2001. "ICT clusters in development : theory and evidence" *IEB Papers*, 6: 85-100.
- Suire, R. and J. Vicente. 2001. "Net-économie et localisation des entreprises : entre contingences historiques et géographiques", in Baslé, M and T. Pénard (eds). *eEurope : la société européenne de l'information*. Paris: Economica.

- Thisse, J.F. and T. van Ypersele T. 1999. "Métropoles et concurrence territoriale" *Economie et statistique*, 6/7: 19-30.
- Torre, A. and J.P. Gilly. 2000. "On the analytical dimension of proximity dynamics" *Regional Studies*, 34: 169-180.
- Turpin, E. 1995. "Quelques enseignements de la théorie des jeux pour les telecommunications" *Réseaux*, 72-73.
- Valletti, T.M., S Hoernig and P.P. Barros. 2000. "Universal service and entry : the role of uniform pricing and coverage constraints" *Journal of Regulatory Economics*, 21: 169-190.
- Varian, H.R. 2002. *Intermediate Microeconomics : A modern approach* (Sixth Edition), New-York: W.W. Norton & Company.
- Vicente, J. 2002. "Externalités de réseaux vs. externalités informationnelles dans les dynamiques de localization" *Revue d'Economie Régionale et Urbaine*, 4 535-552.
- _____. 2003. "Modelling decentralized and spatial interactions in industrial dynamics" *European Journal of Economic and Social Systems*, 16: 65-87.
- _____. 2004a. *Les espaces de la Net-Economie : Clusters TIC et aménagement numérique des territoires*. Paris, Economica.
- _____. 2004b. "De l'économie des interactions à l'économie géographique : théories et évidences sur la formation et la stabilité des clusters" *Economie Appliquée*, 57: 47-82.
- Zimmermann, J.B. 2002. "Grappes d'entreprises et "petits mondes": une affaire de proximités" *Revue Economique*, 53: 517-524.