Le déploiement des réseaux d'accès à très haut débit : régulation et inégalités géographiques

Romain Lestage et David Flacher

Édition électronique

URL : <https://journals.openedition.org/rei/4047>

DOI : 10.4000/rei.4047

ISSN : 1773-0198

Éditeur

De Boeck Supérieur

Édition imprimée

Date de publication : 15 septembre 2009

Pagination : 15-45

ISSN : 0154-3229

Référence électronique

Romain Lestage et David Flacher, « Le déploiement des réseaux d'accès à très haut débit : régulation et inégalités géographiques », *Revue d'économie industrielle* [En ligne], 127 | 3e trimestre 2009, mis en ligne le 15 septembre 2011, consulté le 03 juin 2022. URL : <http://journals.openedition.org/rei/4047> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/rei.4047>

LE DÉPLOIEMENT DES RÉSEAUX D'ACCÈS À TRÈS HAUT DÉBIT : RÉGULATION ET INÉGALITÉS GÉOGRAPHIQUES

Mots-clés : Investissement, régulation, couverture géographique, télécommunications.

Key words : Investment, Regulation, Geographical coverage, Telecommunications.

INTRODUCTION

Le secteur des télécommunications semble être entré dans une nouvelle phase de son évolution, caractérisée par le besoin de nouveaux réseaux d'accès (1). Depuis la fin des années 90, l'essor des services d'accès à Internet s'est appuyé sur l'utilisation des réseaux en cuivre destinés initialement à la téléphonie. Le développement des contenus, services et applications disponibles sur Internet appelle aujourd'hui une augmentation des débits que seul le déploiement d'infrastructures d'accès en fibre optique – ou réseaux FTTH (Fiber To The Home) – sera vraisemblablement en mesure d'assurer (2). Même si les services existants ne justifient pas nécessairement la construction de telles infrastructures, celle-ci est considérée comme une étape nécessaire à la poursuite du développement du secteur des télécommunications et, plus généralement, des technologies de l'information.

(1) Le terme « réseau d'accès » (ou « boucle locale ») désigne le segment du réseau qui relie les foyers au central téléphonique.

(2) Voir par exemple ARCEP [2006].

Cette nouvelle phase d'investissement soulève néanmoins de nombreuses interrogations. Elles concernent en premier lieu la capacité des opérateurs – soumis aux politiques de libéralisation – à financer ces infrastructures. Dans la mesure où les coûts de déploiement des réseaux de télécommunications croissent fortement lorsque les densités de population diminuent, cette question se traduit notamment par des inquiétudes quant à la capacité (ou à la volonté) des opérateurs à déployer de nouvelles infrastructures en dehors des grandes métropoles. En outre, les autorités de régulation sectorielles se trouvent confrontées à un problème inédit : définir des règles d'accès qui s'appliqueront à des infrastructures qui n'ont pas encore été déployées.

Pour accompagner la libéralisation du secteur des télécommunications et favoriser le développement effectif de la concurrence, une régulation sectorielle, essentiellement *ex ante*, a été mise en place (3). Une des principales missions confiées aux institutions chargées de cette régulation (l'ARCEP en France, l'Ofcom en Grande-Bretagne, etc.), est de garantir un accès aux infrastructures non ou difficilement duplicables aux firmes souhaitant entrer sur le marché. Jusqu'à présent, cette régulation s'appliquait principalement aux réseaux d'accès en cuivre (4) et était relativement peu problématique. En effet, bien qu'à l'heure actuelle les opérateurs propriétaires de ces infrastructures soient pour la plupart des entreprises privées, la construction des réseaux d'accès en cuivre a le plus souvent fait l'objet d'investissements publics. Dès lors, l'obligation de partage des infrastructures auxquels sont soumis les anciens opérateurs de monopole depuis la fin des années 1990, fut relativement aisée à justifier. La question posée par l'accès aux réseaux FTTH est plus problématique dans la mesure où les opérateurs qui les déploient sont généralement des acteurs privés. La régulation sectorielle se voit donc confier l'objectif délicat de promouvoir un usage partagé des infrastructures tout en maintenant les incitations à investir dans leur déploiement. En outre, afin de ne pas décourager l'investissement, le régulateur doit définir des principes avant que les nouveaux réseaux ne soient déployés et être capable de s'engager à les respecter une fois les investissements réalisés.

Ces interrogations, de même que la diversité des politiques de régulation mises en œuvre, ou envisagées, dans les différents pays de l'OCDE, contribuent à renouveler le débat théorique sur la régulation de l'accès aux infrastructures. Dans ce cadre, il est pertinent d'étudier l'impact, sur le développement de la concurrence et la couverture du territoire, des contraintes réglementaires qui s'appliqueront aux nouveaux réseaux d'accès. Ainsi, notre

(3) Cette régulation s'ajoute au droit commun de la concurrence qui s'applique, quant à lui, principalement *ex post*.

(4) La section II apporte des précisions sur la régulation de l'accès aux réseaux.

article vise à déterminer « si » et « où » les nouvelles infrastructures seront déployées en fonction de ces contraintes.

La démarche adoptée par notre article est la suivante : à partir d'une présentation des différentes étapes du développement de la concurrence sur le marché de l'accès à Internet et d'une revue de la littérature théorique consacrée à l'étude des impacts de la régulation sur l'investissement, nous soulignons en quoi le déploiement des nouveaux réseaux d'accès soulève des questions différentes de celles qui se sont posées jusqu'à présent (section I). Nous introduisons ensuite le modèle théorique (section II) que nous utilisons pour étudier les décisions d'investissement des opérateurs (section III) et pour considérer l'effet des politiques de régulation sur le développement de la concurrence et la couverture du territoire (section IV).

En guise de prolongement (section V), nous envisageons d'autres spécifications du modèle et étudions, dans un cadre simplifié, l'impact de la régulation des tarifs d'accès sur le surplus social.

I. — DE LA CONCURRENCE PAR LES SERVICES À LA CONCURRENCE POUR LE DÉPLOIEMENT DE NOUVELLES INFRASTRUCTURES

Nous présentons dans cette section les grandes étapes du développement de la concurrence sur le marché de l'accès à Internet. Ces analyses nous permettent de souligner le caractère inédit des problématiques que soulève le déploiement des nouveaux réseaux d'accès.

I.1. La concurrence par les services

Dans la plupart des pays de l'OCDE, le développement de l'Internet a suivi de peu l'ouverture à la concurrence du secteur des télécommunications. Dans ce contexte, il fut largement admis qu'il n'existait pas d'acteurs susceptibles de déployer, sur une grande échelle, des infrastructures alternatives à celles des opérateurs historiques. Aussi, la première phase du développement de la concurrence s'est largement fondée sur une régulation stricte de l'accès aux réseaux existants. En contraignant les opérateurs historiques à partager leurs infrastructures, la régulation a permis à de nouveaux acteurs d'entrer sur le marché sans investir dans leurs propres réseaux.

Dans ce contexte, la littérature académique s'est intéressée aux impacts de la régulation imposée aux opérateurs historiques sur leurs incitations à investir dans l'entretien et l'amélioration des infrastructures existantes ou le déploiement de nouveaux réseaux. Bien qu'il n'existe pas réellement de consensus sur le sujet, la plupart des travaux théoriques ont souligné les impacts négatifs de cette régulation : Foros [2004] et Kotakorpi [2006] démontrent que si l'entrée

de nouveaux acteurs peut avoir un impact positif (5), la régulation, qui impose des tarifs d'accès inférieurs à ceux qui résulteraient d'une libre négociation entre les opérateurs, réduit les incitations à investir de l'opérateur historique. D'autres travaux soulignent que cette régulation de l'accès accroît le risque lié aux investissements des opérateurs historiques et décourage le déploiement de nouvelles infrastructures (voir par exemple, Jorde *et al.*, 2000). Enfin, cette problématique renvoie à des travaux plus anciens sur la régulation tarifaire des activités non concurrentielles qui ont mis en valeur l'existence d'un dilemme entre la maximisation du surplus social dans une perspective statique et dans une perspective dynamique (voir par exemple, Braeutigam et Panzar, 1989).

I.2. La concurrence par les infrastructures

À cet arbitrage entre la volonté de favoriser l'entrée sur le marché et la nécessité de maintenir les incitations à investir de l'opérateur historique est venu s'ajouter, lors des stades ultérieurs du développement de la concurrence, la question de la relation entre concurrence « par les services » et concurrence « par les infrastructures ».

Une fois implantés sur le marché, certains concurrents ont commencé à déployer leurs propres infrastructures et ont progressivement dupliqué – dans les zones à fortes densités de population – les différents segments des réseaux historiques, à l'exception des infrastructures d'accès qui demeurent le plus souvent en monopole. Le développement de cette concurrence par les infrastructures est généralement considéré comme souhaitable par les autorités de régulation : il impliquerait une plus forte différenciation des services et permettrait, à terme, à la régulation sectorielle *ex ante* de s'effacer au profit du droit commun de la concurrence (6).

Dans ce contexte, plusieurs travaux ont établi que les incitations des entrants à déployer leurs propres réseaux étaient d'autant plus faibles que les tarifs

- (5) Pour Foros [2004], l'entrée de concurrents a un impact positif sur les incitations à investir de l'acteur en place si la qualité de service des entrants est supérieure à celle de l'opérateur historique et si le tarif d'accès est librement négocié. Pour Kotakorpi [2006], il suffit que les investissements réalisés par l'opérateur historique bénéficient relativement plus à ses concurrents qu'à lui-même – c'est-à-dire induisent un accroissement relatif des dispositions à payer pour les services de l'opérateur historique inférieur à l'accroissement relatif des dispositions à payer pour les services de l'entrant.
- (6) Une des fonctions de la régulation *ex ante* est de promouvoir la concurrence en garantissant à l'ensemble des acteurs un accès aux réseaux sur lesquels les opérateurs historiques disposent d'un monopole. Dans cette perspective, l'extension de la concurrence par les infrastructures réduit la nécessité d'une intervention réglementaire *ex ante*.

d'accès étaient bas (voir notamment Bourreau et Dogan, 2005 (7)). Les recherches autour de la thèse de « l'échelle des investissements » (Cave et Vogelsang, 2003) avancent néanmoins que la concurrence par les infrastructures peut être facilitée par le développement préalable de la concurrence par les services.

I.3. La concurrence pour le déploiement de nouveaux réseaux d'accès

Comme nous l'avons souligné en introduction, la phase de déploiement des nouveaux réseaux d'accès constitue une étape essentielle dans le développement du secteur des télécommunications. Elle renouvelle le débat sur la régulation de l'accès aux réseaux et représente une phase critique pour les autorités de régulation qui doivent définir *ex ante* des règles qui ne s'appliqueront qu'une fois les investissements réalisés. Le déploiement des nouveaux réseaux d'accès constitue également une nouvelle étape dans le développement de la concurrence. Jusqu'à présent, malgré leurs investissements, les entrants restaient dépendants de l'opérateur historique qui disposait d'un monopole sur la boucle locale. Le besoin de nouveaux réseaux d'accès en fibre optique remet en cause cette asymétrie. En effet, ces infrastructures peuvent *a priori* être déployées par n'importe quel type de firme. D'une régulation qui s'appliquait exclusivement aux opérateurs historiques, on passe ainsi à une régulation symétrique à laquelle seront potentiellement soumis les acteurs historiques comme les opérateurs entrants.

À notre connaissance, la littérature théorique proposant une modélisation de cette concurrence « pour le déploiement » de nouvelles infrastructures se limite à l'heure actuelle aux travaux de Gans [2001], Hori et Mizuno [2006] et Vareda et Hoernig [2007]. Ces analyses s'inspirent largement des modèles de concurrence en R&D (notamment Fudenberg et Tirole, 1985 et Katz et Shapiro, 1987) et étudient l'impact de la régulation des tarifs d'accès sur la date de déploiement des nouvelles infrastructures (8). Nous adoptons dans cet article un point de vue différent : notre modèle ne vise pas à analyser « quand » les nouvelles infrastructures seront déployées mais « si » et « où » ces investissements seront réalisés.

De manière générale, la problématique de la couverture géographique a été largement ignorée par la littérature consacrée aux impacts de la régulation des

- (7) Il est important de souligner que dans le modèle de Bourreau et Dogan [2005], le faible niveau des tarifs d'accès n'est pas la conséquence d'une intervention réglementaire mais le résultat des stratégies de l'opérateur historique qui cherche à retarder le déploiement d'infrastructures concurrentes.
- (8) Ces infrastructures sont déployées tôt ou tard car ces modèles supposent que, du fait du progrès technique, le coût de déploiement décroît avec le temps.

tarifs d'accès sur l'investissement. À notre connaissance, l'article de Foros et Kind, 2003, constitue à ce jour la principale contribution théorique à l'étude des inégalités géographiques en matière de déploiement de réseaux de télécommunications. De surcroît, ce travail s'intéresse aux effets de l'obligation de péréquation des tarifs de détail et non à la régulation des tarifs d'accès.

II. — LE MODÈLE : HYPOTHÈSES ET NOTATIONS

Formellement, notre modèle est un jeu séquentiel qui se présente de la manière suivante :

— étape 1 : le régulateur détermine des règles d'accès aux nouvelles infrastructures ou des règles de mutualisation des coûts de déploiement ;

— étape 2 : les firmes choisissent simultanément les zones sur lesquelles elles souhaitent investir ;

— étape 3 : les firmes déterminent leur tarif d'accès (si elles ont investi et si le tarif d'accès ne fait pas l'objet d'une régulation) ;

— étape 4 : les firmes déterminent leur tarif de détail ;

— étape 5 : les consommateurs choisissent un service en fonction de leurs préférences en qualité et des prix de détail.

II.1. Les consommateurs (étape 5)

Le comportement des consommateurs est représenté par un modèle « à la Mussa et Rosen » (Mussa et Rosen [1978]) : chaque consommateur choisit le service i qui maximise son utilité $U_i = \theta q_i - p_i$, q_i où q_i et p_i représentent respectivement l'indice de qualité et le prix du service i ; θ mesure le « goût pour la qualité » de chaque consommateur. Ce « goût pour la qualité » est uniformément distribué sur $[\theta^-, \theta^+]$ avec $\theta^+ > \theta^- > 0$. Il représente l'intérêt des consommateurs pour les techniques nouvelles et les services qui leur sont associés, à savoir l'accroissement des débits et l'extension de l'offre en matière de téléphonie, d'accès à Internet et de diffusion audiovisuelle.

II.2. Les opérateurs

Nous supposons que l'industrie est composée de deux opérateurs (A et B) qui se différencient exclusivement par la qualité de leur service innovant.

II.2.1. Les décisions d'investissement (étape 2)

Lorsqu'ils n'investissent pas, les opérateurs ont accès aux infrastructures « historiques » qui leur permettent de fournir un service « traditionnel » t de qualité $q_t = 0$. Nous supposons que le marché du service traditionnel est par-

faitement concurrentiel. Ainsi, les profits d'équilibre sont nuls lorsqu'aucun opérateur n'investit. Les opérateurs peuvent décider de déployer de nouvelles infrastructures qui leur permettront de fournir un service « innovant » de qualité strictement supérieure à celle du service traditionnel. La qualité du service innovant fourni par l'opérateur *B* (service *b*, de qualité q_b) est strictement inférieure à la qualité du service innovant fourni par l'opérateur *A* (service *a*, de qualité $q_a > q_b > 0$). Cette asymétrie est nécessaire pour que les profits des opérateurs soient positifs lorsque les services *a* et *b* sont proposés. En guise de prolongement, la section V.1.2. remet en cause cette hypothèse.

Nous supposons que les opérateurs prennent leurs décisions d'investissement simultanément. Par conséquent, cette étape du jeu peut être représentée par une matrice de gains (tableau 1).

TABLEAU 1 : Matrice des gains liés aux décisions d'investissement

		Opérateur B	
		N	I
Opérateur A	N	$\Pi_{A,N,N} ; \Pi_{B,N,N}$	$\Pi_{A,N,I} ; \Pi_{B,I,N} - C(x)$
	I	$\Pi_{A,I,N} - C(x) ; \Pi_{B,N,I}$	$\Pi_{A,I,I} - C(x) ; \Pi_{B,I,I} - C(x)$

$\Pi_{i,K,L}$ représente le profit de l'opérateur $i \in \{A,B\}$ compte-tenu de sa propre décision d'investissement $K \in \{I, N\}$ (*I* désignant la stratégie « investir » et *N* la stratégie « ne pas investir ») et de celle de l'opérateur concurrent $L \in \{I, N\}$.

Les incitations à investir sont définies de manière standard comme la différence entre les profits « avec » et les profits « sans » investissement. Pour chaque opérateur, le terme recouvre en fait les incitations à investir « lorsque le concurrent n'investit pas » ($\gamma_{i,N} = \Pi_{i,I,N} - \Pi_{i,N,N}$) et les incitations à investir « lorsque le concurrent investit » ($\gamma_{i,I} = \Pi_{i,I,I} - \Pi_{i,N,I}$).

Nous représentons le territoire national de telle sorte que la population soit uniformément distribuée sur un continuum de régions ($x \in [0, 1]$). Ce continuum est choisi de manière à ordonner les régions selon leur densité de population, depuis la région la plus dense ($x = 0$) jusqu'à la région la moins dense ($x = 1$). On note $S(x)$ et $d(x)$ la surface et la densité de la région x (9). Nous supposons que les préférences des consommateurs suivent la même distribution quelle que soit la région considérée. De manière générale, l'hétérogénéité

(9) En notant *P* la population totale, la population se trouvant sur le segment $[x, x + dx]$ est égale à Pdx . En posant $S(x)$ la surface de la région x , la densité de la population sur la région x s'écrit alors $d(x) = \frac{P}{S(x)}$.

té des goûts pour la qualité renvoie à l'hétérogénéité des revenus (10). Dès lors, cette hypothèse revient à supposer que les revenus des ménages sont distribués de la même manière dans l'ensemble des régions qui forment le territoire national. $C(x)$ représente les coûts de déploiement dans la région x (11). Il est généralement admis que les coûts de déploiement croissent à mesure que les densités de population diminuent. Aussi : $-\frac{\partial C(x)}{\partial x} > 0$. Lorsqu'il anticipe que son concurrent n'investira pas, un opérateur i a intérêt à couvrir la région x si $\gamma_{i,N} \geq C(x)$; lorsque $\gamma_{j,N} \geq C(x)$, i a toujours intérêt à investir dans la région x si $\gamma_{i,I} \geq C(x)$.

II.2.2. Les stratégies sur le marché de gros (étape 3)

Lorsqu'un opérateur i a déployé de nouvelles infrastructures, il peut décider d'en louer l'accès à son concurrent j . Il formule alors une offre de gros qui prend la forme d'une charge d'accès variable, notée r_i , proportionnelle au nombre de lignes louées par j .

En accédant aux infrastructures de son concurrent, l'opérateur qui n'a pas investi peut proposer un service innovant. On suppose que la qualité de ce service dépend de l'opérateur qui le commercialise et non des infrastructures qui permettent leur fourniture. En d'autres termes, qu'il utilise ses propres infrastructures ou celles de son concurrent, l'opérateur i fournira toujours le service innovant de qualité q_i . Cette hypothèse revient à supposer que les firmes adopteront le même standard en matière d'architecture de réseau (12) et que la différenciation des offres reposera essentiellement sur la capacité des opérateurs à enrichir leur offre de services à partir de l'augmentation des débits liée au déploiement de nouvelles infrastructures. La section V.1.1. propose une spécification alternative dans laquelle la qualité de service dépend de l'infrastructure et non de l'opérateur.

Enfin, dans la mesure où nous avons supposé que le coût marginal supporté par un opérateur i qui a déployé ses propres infrastructures est nul, il convient de souligner que i n'a jamais intérêt à utiliser l'offre d'accès aux infrastructures de son concurrent lorsqu'il a lui-même investi dans le déploiement d'un nouveau réseau.

(10) Voir par exemple Wauthy, 1996, p. 346.

(11) Par souci de simplicité, nous considérons que C est le même pour les deux opérateurs. Les développements qui suivent peuvent néanmoins être aisément reproduits en considérant qu'il existe une asymétrie dans les coûts de déploiement.

(12) Il existe en effet différents standards dont les performances en termes de débits ne sont pas strictement identiques. Voir par exemple : (http://www.ant.developpement-durable.gouv.fr/article.php3?id_article=18) et (http://www.ant.developpement-durable.gouv.fr/article.php3?id_article=77).

II.2.3. La concurrence sur les marchés de détail (étape 4)

Chaque opérateur détermine le prix de détail qui maximise son profit, compte tenu des services qu'il est en mesure de fournir et de ceux proposés par son concurrent. Il est vraisemblable que les services innovants resteront soumis – du moins pendant une période de temps significative – à la concurrence du service traditionnel. En d'autres termes, compte tenu des prix proposés pour les différents services, les consommateurs peu intéressés par les nouvelles techniques et les nouveaux services resteront abonnés au service traditionnel. Cette hypothèse vient à supposer que les préférences des consommateurs sont relativement hétérogènes, soit $\theta^+ > \frac{4q_a - q_b}{q_a - q_b} \theta^-$ (voir annexe A).

II.3. Le régulateur (étape 1)

Différents objectifs peuvent guider l'intervention du régulateur : maximiser le bien-être ou le surplus des consommateurs sur les zones géographiques où les nouvelles infrastructures seront déployées, favoriser le développement de la concurrence par les services ou par les infrastructures, promouvoir l'investissement dans les zones à faibles densités de population, etc. Comme nous serons amenés à le souligner, ces objectifs sont en partie contradictoires.

Dans ce cadre, l'approche en termes de surplus social paraît limitée : elle ne tient en effet pas compte des objectifs macro-économiques et sociaux qui sont associés au développement des nouveaux réseaux de télécommunications. L'aménagement du territoire, la réduction de la « fracture numérique », l'innovation ou la compétitivité de l'économie nationale sont autant de finalités qui ne sont pas réductibles à l'analyse du surplus social.

On peut néanmoins considérer que la régulation sectorielle doit se contenter de favoriser le développement de la concurrence en tenant compte de ses impacts sur les décisions d'investissement. Lorsque la duplication des infrastructures n'est pas possible, on peut alors admettre que la régulation optimale des tarifs d'accès consiste à maximiser le surplus social (cf. section V.2.). Il convient toutefois de souligner que la mise en place d'une concurrence pérenne est souvent associée au développement de la concurrence par les infrastructures (section I). Ainsi, lorsque la duplication des réseaux est envisageable, l'analyse en termes de surplus social – qui conduirait à comparer la concurrence par les services et la concurrence par les infrastructures sur les seuls critères du surplus des consommateurs, des profits et des coûts de déploiement – apparaît limitée.

III. — L'INVESTISSEMENT SANS INTERVENTION DU RÉGULATEUR

Dans cette section, nous nous intéressons aux stratégies des opérateurs lorsqu'ils ne sont soumis à aucune contrainte réglementaire. Après avoir déterminé les profits d'équilibre (section III.1.), nous étudions les propriétés des incita-

tions à investir et en déduisons les décisions d'investissement des opérateurs dans l'ensemble des régions qui forment le territoire national (section III.2.).

III.1. Caractéristiques des profits d'équilibre

III.1.1. Aucun opérateur n'a investi

Lorsqu'aucun opérateur n'a investi, seul le service traditionnel est proposé sur le marché de détail. Les firmes se livrent une concurrence « à la Bertrand », les prix sont égaux aux coûts marginaux (ici, $p_i^* = 0$) et les profits d'équilibre sont nuls ($\Pi_{i,N,N}^* = 0$ avec $i \in \{A, B\}$) (13).

III.1.2. Les deux opérateurs ont investi

Lorsque les deux opérateurs ont investi, chacun utilise l'infrastructure qu'il a déployée (section II.2.). Les profits de A et de B valent ainsi $\Pi_{A,I,I} = D_a(p_a, p_b)p_a$ et $\Pi_{B,I,I} = D_b(p_a, p_b)p_b$, où p_a , p_b , D_a et D_b , représentent respectivement les prix et les demandes adressées aux services a et b . Les profits d'équilibre sont les mêmes que dans Wauthy [1996] soit $\Pi_{A,I,I}^* = \frac{4q_a^2(q_a - q_b)\theta^{+2}}{(4q_a - q_b)^2(\theta^{+} - \theta^{-})}$ et $\Pi_{B,I,I}^* = \frac{q_a q_b (q_a - q_b)\theta^{+2}}{(4q_a - q_b)^2(\theta^{+} - \theta^{-})}$ (sous l'hypothèse $\theta^{+} > \frac{4q_a - q_b}{q_a - q_b} \theta^{-}$).

III.1.3. Il existe un monopole sur les nouvelles infrastructures (un seul opérateur a investi)

Dans ce cas, l'opérateur qui a investi peut décider d'introduire une offre de gros. On a ainsi $\Pi_{A,I,N} = D_a(p_a, p_b)p_a + D_b(p_a, p_b)r_A$ et $\Pi_{B,N,I} = D_b(p_a, p_b)(p_b - r_A)$ si A a investi ; $\Pi_{B,I,N} = D_a(p_a, p_b)r_B + D_b(p_a, p_b)p_b$ et $\Pi_{A,N,I} = D_a(p_a, p_b)(p_a - r_B)$ si B a investi. Le modèle est résolu par induction à rebours. Nous calculons dans un premier temps les prix d'équilibre sur le marché de détail (étape 4) et déterminons les tarifs d'accès qui maximisent le profit de l'opérateur qui a investi (étape 3). La résolution formelle du modèle, présentée dans l'annexe A nous permet de démontrer la propriété suivante.

Lemme 1. i) *Lorsqu'il dispose d'un monopole sur les nouvelles infrastructures, l'opérateur A ne permet pas à son concurrent d'entrer sur le marché du service innovant : il fixe un tarif de gros suffisamment élevé pour que le service innovant concurrent soit évincé. Le marché des services innovants est alors monopolisé par le service a.* ii) *Lorsqu'il dispose d'un monopole sur les nou-*

(13) Dans les développements qui suivent, l'exposant * indique toujours une valeur à l'équilibre non régulé.

velles infrastructures, l'opérateur B fixe un tarif de gros qui permet à son concurrent d'entrer sur le marché du service innovant.

Lorsqu'il permet à son concurrent d'entrer sur le marché du service innovant, l'opérateur qui a investi subit une perte sur le marché de détail. Si l'opérateur concurrent propose un service innovant de qualité supérieure à celle du service innovant de l'opérateur qui a investi – c'est-à-dire si B a investi –, cette perte est plus que compensée par les profits réalisés sur le marché de gros. Dans le cas contraire – c'est-à-dire si A a investi –, la perte subie sur le marché de détail est plus élevée que le gain réalisé sur le marché de gros.

III.2. Incitations à investir et décisions d'investissement

La section III.2.1. souligne les principales propriétés des incitations à investir dans la configuration d'équilibre non régulé. La section III.2.2. en déduit les stratégies d'investissement des opérateurs sur différentes régions qui forment le territoire national.

III.2.1. Propriétés des incitations à investir

En l'absence d'intervention réglementaire, les incitations à investir de la firme i valent à l'équilibre : $\gamma_{i,N}^* = \Pi_{i,I,N}^*$ lorsque j n'investit pas et $\gamma_{i,I}^* = \Pi_{i,I,I}^* - \Pi_{i,N,I}^*$ lorsque j investit.

Lemme 2. i) $\gamma_{i,N}^* > \gamma_{i,I}^*$ avec $i \in \{A, B\}$: les incitations à investir d'un opérateur lorsque son concurrent n'investit pas sont supérieures à ses incitations à investir lorsque son concurrent investit ; ii) $\gamma_{A,N}^* > \gamma_{B,N}^*$: Les incitations à investir de A lorsque B n'investit pas sont supérieures aux incitations à investir de B lorsque A n'investit pas ; iii) $\gamma_{A,I}^* > \gamma_{B,I}^*$: Les incitations à investir de A lorsque B investit sont supérieures aux incitations à investir de B lorsque A investit.

Démonstration. Nous avons les relations suivantes entre les profits d'équilibre : a) $\Pi_{A,I,I}^* - \Pi_{A,N,I}^* > \Pi_{B,I,I}^* \geq 0$ soit $\Pi_{A,I,I}^* > \Pi_{B,I,I}^*$ et $\Pi_{A,I,I}^* > \Pi_{A,N,I}^*$ (cf. annexe B) ; b) $\Pi_{A,I,N}^* > \sum \Pi_{i,I,I}^* \geq \Pi_{A,I,I}^*$ (cf. annexe C) ; c) $\sum \Pi_{i,I,I}^* > \Pi_{B,I,N}^*$; d) $\Pi_{B,I,N}^* > \Pi_{B,I,I}^*$. i) découle directement de b et d ; ii) est un corollaire de b et c ; iii) est équivalente à a. On prouve c. et d. de la manière suivante : à partir de l'annexe A, on trouve que le tarif d'accès qui maximise $\Pi_{B,I,N}(p_a^*, p_b^*) + \Pi_{A,N,I}(p_a^*, p_b^*)$ est $r_B = 0$. Avec $r_B = 0$, on a : $\Pi_{B,I,N}(p_a^*, p_b^*) = \Pi_{B,I,I}^*$, $\Pi_{A,N,I}(p_a^*, p_b^*) = \Pi_{A,I,I}^*$ et, naturellement, $\Pi_{B,I,N}(p_a^*, p_b^*) + \Pi_{A,N,I}(p_a^*, p_b^*) = \sum \Pi_{i,I,I}^*$. Comme $r_B^* > 0$ (Annexe A, section 2), on a nécessairement $\sum \Pi_{i,I,I}^* > \Pi_{B,I,N}^* + \Pi_{A,N,I}^* \geq \Pi_{B,I,N}^*$ et $\Pi_{B,I,N}^* > \Pi_{B,I,I}^*$.

Lemme 3. Si q_a est « largement supérieur » à q_b , $\gamma_{A,I}^* \geq \gamma_{B,N}^*$. Sinon, $\gamma_{A,I}^* < \gamma_{B,N}^*$. Autrement dit, les incitations à investir de A lorsque B investit sont supérieures aux incitations à investir de B lorsque A n'investit pas si et seulement si le différentiel de qualité entre les deux variétés de service innovant ($q_a - q_b$) est « très important ». Preuve : Voir Annexe D.

III.2.2. Les décisions d'investissement

Le lemme 2-*i* indique que $\gamma_{i,N}^* > \gamma_{i,I}^*$ avec $i \in \{A, B\}$. En d'autres termes, lorsqu'un opérateur a intérêt à déployer de nouvelles infrastructures lorsque son concurrent investit, il a également intérêt à le faire lorsque son concurrent n'investit pas. Par conséquent :

- si $C(x) < \gamma_{i,I}^*$, la stratégie *I* est strictement dominante pour l'opérateur *i* dans la région *x* ;
- si $\gamma_{i,I}^* \leq C(x) \leq \gamma_{i,N}^*$, la stratégie *I* est la meilleure réponse à *N* et *N* la meilleure réponse à *I* pour l'opérateur *i* dans la région *x* ;
- si $\gamma_{i,N}^* < C(x)$, la stratégie *N* est strictement dominante pour l'opérateur *i* dans la région *x*.

D'après les lemmes 2 et 3 :

- $\gamma_{B,I}^* \leq \gamma_{B,N}^* \leq \gamma_{A,I}^* \leq \gamma_{A,N}^*$ si q_a est « largement supérieur » à q_b ;
- $\gamma_{B,I}^* \leq \gamma_{A,I}^* \leq \gamma_{B,N}^* \leq \gamma_{A,N}^*$, dans le cas contraire.

Au final, les décisions d'investissement des opérateurs dépendent du coût de $C(x)$ et du différentiel de qualité entre les services *a* et *b* ($q_a - q_b$). Elles peuvent être représentées par la figure 1.

Lorsqu'il existe deux équilibres de Nash ((*I,N*) et (*N,I*)), les firmes sont confrontées à un dilemme et ne peuvent déterminer rationnellement leur stra-

FIGURE 1 : Coûts de déploiement et décisions d'investissement

tégie d'investissement : pour chaque opérateur, le déploiement de nouvelles infrastructures est rentable à condition que son concurrent s'abstienne d'investir. Compte tenu des coûts associés au déploiement de nouvelles infrastructures, il est possible que les opérateurs décident de ne réaliser ces investissements que s'ils ont la certitude de pouvoir les rentabiliser. Nous dirons donc que le déploiement de nouvelles infrastructures est « incertain » lorsqu'il existe deux équilibres de Nash.

La figure 1 indique que les opérateurs n'ont pas intérêt à investir (équilibre $(N; N)$) lorsque les densités de population sont « trop faibles » (x est tel que $C(x) > \gamma_{A,N}^*$) et que la duplication (équilibre $(I; I)$) n'est possible que si elles sont « très élevées » (x est tel que $C(x) \leq \gamma_{B,I}^*$). Dans les régions à densités de population « intermédiaires » (x est tel que $\gamma_{B,I}^* < C(x) \leq \gamma_{A,N}^*$) : soit l'opérateur A dispose d'un monopole sur les nouvelles infrastructures et la fourniture de services innovants (équilibre $(I; N)$) ; soit il est incertain que l'investissement sera réalisé (cas où il y existe deux équilibres de Nash $\{(I; N), (N; I)\}$).

Deux raisons majeures peuvent ainsi justifier une intervention publique : d'une part, lorsqu'elle n'est pas régulée, la concurrence pour le déploiement de nouvelles infrastructures se traduit par l'apparition de zones blanches ; d'autre part, lorsqu'il dispose d'un monopole sur les nouvelles infrastructures, l'opérateur A évince son concurrent du marché des services innovants.

IV. — IMPACTS DE LA RÉGULATION *EX ANTE* SUR LES DÉCISIONS D'INVESTISSEMENT

Cette section étudie les impacts de la régulation des tarifs d'accès et des politiques de mutualisation sur la couverture du territoire et les structures de marché. En ce qui concerne la régulation tarifaire (section IV.1.), nous considérons une intervention « symétrique » où le régulateur s'engage à fixer un prix d'accès inférieur au tarif non régulé dès lors qu'un des opérateurs dispose d'un monopole sur les nouvelles infrastructures. Nous supposons en outre que cette régulation n'induit pas de distorsion de la concurrence, c'est-à-dire qu'elle n'a pas d'impact sur le signe de $\gamma_{A,k} - \gamma_{B,k}$ avec $k \in \{N, I\}$. En d'autres termes, elle ne fausse pas la concurrence pour le déploiement de nouvelles infrastructures et ne vise pas à compenser le désavantage de l'opérateur B ($q_b < q_a$). Ainsi, comme en l'absence d'intervention réglementaire, B ne disposera jamais d'un monopole sur les nouvelles infrastructures (la régulation des tarifs d'accès ne sera donc effective que pour la firme A). Enfin, nous admettons que cette régulation s'applique de manière uniforme à l'ensemble du territoire national.

L'hypothèse d'une régulation symétrique et n'induisant pas de distorsion de la concurrence semble légitime dans le contexte du déploiement de nouveaux réseaux d'accès (voir section I.3.). L'hypothèse d'uniformité des politiques à l'échelle du territoire national est sans doute plus contraignante mais relativement réaliste au regard des politiques aujourd'hui mises en œuvre. De plus, le risque de monopolisation du marché des services innovants pourrait justifier

un contrôle des tarifs d'accès, y compris sur les zones géographiques où les densités de population sont faibles et les coûts de déploiement élevés.

En matière de mutualisation, deux formes d'intervention sont étudiées : une première qui contraint les opérateurs à partager les infrastructures et les coûts de déploiement sur l'ensemble du territoire national et une seconde, plus limitée, qui vise exclusivement à favoriser la mise en œuvre d'accords de mutualisation – c'est-à-dire à définir les règles de partage des coûts lorsque les accords de mutualisation sont profitables pour les deux opérateurs.

IV.1. La régulation des tarifs d'accès aux nouvelles infrastructures

IV.1.1. Pourquoi réguler les tarifs d'accès ?

La régulation des tarifs d'accès vise généralement à accroître l'intensité concurrentielle (ou à permettre à la concurrence de se développer) afin d'améliorer le bien-être ou le surplus des consommateurs. Comme nous l'avons souligné dans la section III (*lemme (1)-i*), lorsque l'opérateur A dispose d'un monopole sur les nouvelles infrastructures, il propose un tarif d'accès élevé qui conduit à l'éviction du service b . Si elles veulent favoriser le développement de la concurrence sur le marché du service innovant, les autorités de régulation sectorielle doivent alors contraindre A à fixer un tarif d'accès inférieur au tarif non régulé. Bien que l'opérateur B ne monopolise pas le marché des services innovants lorsqu'il est seul à avoir déployé de nouvelles infrastructures, une régulation de r_B peut s'avérer bénéfique si elle conduit à une baisse des prix de détail et à une augmentation de la demande adressée aux services innovants. La proposition suivante confirme que la régulation des tarifs d'accès est bénéfique dans une perspective statique (c'est-à-dire indépendamment son impact sur les décisions d'investissement).

Lemme 4. *Lorsqu'un des opérateurs dispose d'un monopole sur les nouvelles infrastructures, la baisse des tarifs d'accès accroît le bien-être et le surplus des consommateurs.*

Démonstration. Dans les modèles de différenciation verticale « à la Mussa et Rosen », le bien-être est d'autant plus élevé que la part de marché du service de qualité supérieure est élevée. Lorsque A dispose d'un monopole sur les nouvelles infrastructures, on trouve : $\frac{\partial D_a}{\partial r_A} = -\frac{1}{(4q_a - q_b)(\theta^+ - \theta^-)} < 0$ et $\frac{\partial D_{a+b}}{\partial r_A} = -\frac{2q_a + q_b}{(4q_a - q_b)q_b(\theta^+ - \theta^-)} < 0$; de même, lorsque B est seul à avoir investi, on a : $\frac{\partial D_a}{\partial r_B} = -\frac{2}{(4q_a - q_b)(\theta^+ - \theta^-)} < 0$ et $\frac{\partial D_{a+b}}{\partial r_B} = -\frac{3}{(4q_a - q_b)(\theta^+ - \theta^-)} < 0$ (cf. annexe A). En d'autres termes, plus le tarif d'accès est bas, plus la demande totale adressée au service innovant et la demande de service de qualité supérieure sont élevées. Le bien-être croît donc lorsque les tarifs d'accès décroissent. Dans la mesure où le prix du service traditionnel est indépendant des tarifs d'accès aux nouvelles

infrastructures, la migration des consommateurs du service traditionnel vers le service b est nécessairement liée à une baisse de p_b . De la même manière la migration des consommateurs du service b vers le service a signifie que p_a baisse davantage que p_b (14). La réduction des tarifs d'accès accroît donc le surplus des consommateurs.

IV.1.2. L'impact de la régulation des tarifs d'accès en termes de couverture géographique

À partir du cas simple d'une régulation symétrique, non distorsive et uniforme, nous obtenons les résultats suivants.

Lemme 5. i) $\left. \frac{d\gamma_{i,N}}{dr_i} \right|_{r_i < r_i^*} > 0$. Les incitations à investir de l'opérateur i lorsque son concurrent n'investit pas décroissent lorsque la régulation fixe un tarif d'accès inférieur au tarif non régulé. ii) $\frac{d\gamma_{i,I}}{dr_i} = 0$ et $\left. \frac{d\gamma_{i,I}}{dr_j} \right|_{r_j < r_j^*} > 0$ avec $i, j \in \{A; B\}$ et $i \neq j$: les incitations à investir de l'opérateur i lorsque j investit sont indépendantes de r_i mais sont d'autant plus faibles que r_j est bas.

Démonstration. i) $\gamma_{i,N} = \Pi_{i,I,N}$ et $\left. \frac{\partial \Pi_{i,I,N}}{\partial r_i} \right|_{r_i < r_i^*} > 0$; ii) Lorsque les deux opérateurs ont investi, chacun utilise ses propres infrastructures (section II.2.) soit $\frac{\partial \Pi_{i,I,I}}{\partial r_i} = \frac{\partial \Pi_{i,I,I}}{\partial r_j} = 0$. $\frac{\partial \Pi_{i,I,I}}{\partial r_i} = 0$ et $\frac{\partial \Pi_{i,N,I}}{\partial r_i} = 0$ impliquent $\frac{d\gamma_{i,I}}{dr_i} = 0$. $\left. \frac{\partial \Pi_{i,N,I}}{\partial r_j} \right|_{r_i < r_i^*} < 0$ (voir Annexes A et E) et $\frac{\partial \Pi_{i,I,I}}{\partial r_j} = 0$ soit $\left. \frac{d\gamma_{i,I}}{dr_j} \right|_{r_j < r_j^*} > 0$.

Lemme 6. En deçà d'un seuil sur r_B , les incitations à investir de A lorsque B investit sont forcément inférieures aux incitations à investir de B lorsque A n'investit pas ($\gamma_{A,I} < \gamma_{B,N}$). Le déploiement de nouvelles infrastructures est alors incertain dans les régions où $C(x) \in]\gamma_{A,b}, \gamma_{B,N}]$ quel que soit le différentiel de qualité entre q_a et q_b .

Démonstration. $\left. \frac{\partial \gamma_{A,I}}{\partial r_B} \right|_{r < r_B^*} > 0$ et $\left. \frac{\partial \gamma_{B,N}}{\partial r_B} \right|_{r < r_B^*} > 0$ mais lorsque $r_B = 0$, $\gamma_{A,I} = 0$ alors que $\gamma_{B,N} = \Pi_{B,I,I}^* > 0$ (15).

On remarque enfin que $\gamma_{i,N} \geq \gamma_{i,I}$ avec $i \in \{A; B\}$ quelles que soient les valeurs de r_A et r_B : $\Pi_{i,I,I}^* > 0$ correspond à la fois à la valeur minimale de $\gamma_{i,N}$ (atteinte pour $r_i = 0$) et à la valeur maximale de $\gamma_{i,I}$ (atteinte lorsque r_j est tel que $\Pi_{i,N,I} = 0$). Les résultats précédents peuvent alors être interprétés de la manière suivante.

(14) Ces résultats sont démontrés formellement dans l'annexe A où l'on trouve $\frac{\partial p_b(r_A)}{\partial r_A} > \frac{\partial p_b(r_A)}{\partial r_A} > 0$ et $\frac{\partial p_b(r_B)}{\partial r_B} > \frac{\partial p_b(r_B)}{\partial r_B} > 0$.

(15) Rappel : Si $r_B = 0$, $\Pi_{B,I,N} = \Pi_{B,I,I}^*$ et $\Pi_{A,N,I} = \Pi_{A,I,I}^*$.

Proposition 1. i) *La régulation symétrique des tarifs d'accès accroît la zone géographique sur laquelle aucun opérateur n'a intérêt à investir dans de nouvelles infrastructures ($\left(\frac{d\gamma_{AN}}{dr_A}\right)\Big|_{r_A < r_A^*} > 0$).* ii) *Elle réduit la zone de concurrence par les infrastructures ($\left(\frac{d\gamma_{BL}}{dr_A}\right)\Big|_{r_A < r_A^*} > 0$).* iii) *Lorsque q_a est largement supérieur à q_b , elle fait apparaître une zone d'incertitude quant au déploiement de nouvelles infrastructures si le régulateur fixe un tarif d'accès trop bas (lemme 6).* iv) *Lorsque la différence de qualité $q_a - q_b$ est moins élevée, elle déplace le problème de l'incertitude sur le déploiement vers des zones à plus fortes densités de population ($\left(\frac{d\gamma_{BN}}{dr_B}\right)\Big|_{r_B < r_B^*} > 0$ et $\left(\frac{d\gamma_{AL}}{dr_B}\right)\Big|_{r_B < r_B^*} > 0$).*

Sur la figure 1, lorsque $q_a - q_b$ est « moyennement à peu élevé » les points γ se déplacent vers la gauche lorsque r_A et r_B diminuent ; lorsque q_a est « largement supérieur » à q_b , $\gamma_{A,I}$ devient inférieur à $\gamma_{B,N}$ en cas de forte baisse de r_A et de r_B .

IV.2. La mutualisation des infrastructures

La mutualisation des infrastructures passives permet en théorie de concilier les avantages de la concurrence par les infrastructures tout en limitant les coûts liés à la duplication des réseaux. Bien que certains régulateurs nationaux, et notamment l'ARCEP (16), cherchent à promouvoir cette solution, il est difficile d'établir si la mutualisation constituera une obligation ou si l'intervention consistera essentiellement à faciliter la mise en œuvre d'accords que les opérateurs auraient intérêt à conclure. Comme nous le soulignons dans les développements suivants ces deux modalités d'intervention se différencient pourtant par leurs impacts sur le développement de la concurrence et le déploiement des infrastructures.

IV.2.1. L'obligation de mutualisation

Nous considérons ici que le régulateur impose une obligation de mutualisation sur l'ensemble du territoire. Nous supposons, plus spécifiquement, que le déploiement de nouvelles infrastructures ne pourra avoir lieu en dehors des accords de mutualisation et qu'il sera réalisé dès lors que ces accords permettent aux opérateurs de réaliser un profit positif. Dans la réalité, seules les infrastructures dites « passives » sont aisément mutualisables. Elles représentent néanmoins entre 70 et 80 % des coûts de déploiement des nouveaux réseaux d'accès (17). Nous supposons donc, par souci de simplicité, qu'il est possible de mutualiser l'ensemble des coûts de déploiement.

(16) Voir par exemple ARCEP [2006].

(17) ARCEP, 2006 ; p. 2.

Les profits réalisés dans le cadre d'un accord de mutualisation vaudront alors $\Pi_A^M = \Pi_{A,I,I}^* - \alpha C(x)$ et $\Pi_B^M = \Pi_{B,I,I}^* - (1 - \alpha)C(x)$ où $\alpha \in]0; 1[$ représente la part du coût de déploiement supportée par l'opérateur A. $\Pi_{A,I,I}^*$ et $\Pi_{B,I,I}^*$ sont strictement positifs. La mise en œuvre d'accords de mutualisation se traduit donc nécessairement par l'existence d'une concurrence sur le marché des services innovants.

La condition $\sum \Pi_{i,I,I}^* \geq C(x)$ est nécessaire et suffisante pour qu'il existe au moins une valeur de α telle que $\Pi_A^M \geq 0$ et $\Pi_B^M \geq 0$. En outre, la manière dont le coût (fixe) de déploiement est réparti entre les deux opérateurs n'a pas d'impact sur le comportement des firmes sur le marché de détail ; elle est donc neutre en termes de bien-être.

Proposition 2. *Comme la régulation des tarifs d'accès, l'obligation de mutualisation permet le développement de la concurrence entre services innovants sur des zones géographiques où l'opérateur A aurait monopolisé le marché du service innovant en l'absence d'intervention réglementaire. Comme la régulation des tarifs d'accès, l'obligation de mutualisation étend la zone sur laquelle aucun opérateur n'a intérêt à investir. Dans une certaine mesure, elle est néanmoins plus efficace en matière de déploiement de nouvelles infrastructures : en dessous d'un certain seuil sur r_A l'extension de la zone où personne n'a intérêt à investir est plus importante dans le cadre d'une régulation tarifaire ; par ailleurs, l'obligation de mutualisation garantit que les investissements seront réalisés en dehors de cette zone – alors que la régulation des tarifs d'accès aggrave le problème de l'incertitude quant au déploiement.*

Démonstration. Avec obligation de mutualisation, les nouvelles infrastructures sont donc déployées si et seulement si $\sum \Pi_{i,I,I}^* \leq C(x)$. D'après la section III.2.1., $\gamma_{A,N}^* > \sum \Pi_{i,I,I}^* > \gamma_{B,N}^*$, $\Pi_{A,I,N}^* > \sum \Pi_{i,I,I}^* > \Pi_{B,I,N}^*$ et $\sum \Pi_{i,I,I}^* > \Pi_{A,I,I}^* > \gamma_{A,I}^*$ soit $\sum \Pi_{i,I,I}^* \in] \max \{ \gamma_{A,I}^* ; \gamma_{B,N}^* \} ; \gamma_{A,N}^* [$. Il y a donc extension de la zone sur laquelle aucun opérateur n'a intérêt à investir (18). Dans la mesure où $(\frac{d\gamma_{A,N}^*}{dr_A})|_{r_A < r_A^*} > 0$ et où $\gamma_{A,N} = \Pi_{A,I,I}^* < \sum \Pi_{i,I,I}^*$ lorsque $r_A = 0$, il existe un seuil sur r_A en dessous duquel la régulation tarifaire accroît davantage cette zone que ne le fait une obligation de mutualisation.

IV.2.2. Les politiques visant à favoriser la mise en place d'accords de mutualisation

Les accords de partage d'infrastructures constituent une solution mutuellement avantageuse lorsque l'équilibre est caractérisé par une duplication des réseaux (I, I). En effet, les profits valent alors $\Pi_{i,I,I}^* - C$ si chaque opérateur déploie ses propres infrastructures et $\Pi_A^M = \Pi_{A,I,I}^* - \alpha C$ et $\Pi_B^M = \Pi_{B,I,I}^* - (1 - \alpha)C$ lorsqu'un accord de mutualisation est mis en place. Les accords de mutualisa-

(18) L'extension de la zone sur laquelle aucun opérateur n'a intérêt à investir correspond aux régions pour lesquelles $C(x) \in]\sum \Pi_{i,I,I}^* , \gamma_{A,N}^*]$.

tion permettent également aux firmes de réaliser avec certitude un profit positif lorsqu'il y a plusieurs équilibres de Nash. Toutefois, lorsque A dispose d'un monopole sur les nouvelles infrastructures, il n'a jamais intérêt à proposer un accord de mutualisation à son concurrent dans la mesure où $\Pi_{A,I,N}^* > \sum \Pi_{i,I,I}^*$ (la mutualisation réduit le profit total de l'industrie).

Cependant, même lorsque les accords de partage d'infrastructures sont mutuellement avantageux, leur mise en œuvre peut s'avérer difficile. Chaque opérateur cherchera en effet à minimiser sa contribution aux coûts de déploiement, c'est-à-dire à imposer une valeur de α telle que les profits nets d'investissement de son concurrent sont nuls. On peut donc penser que la détermination, par le régulateur, d'une règle de partage des coûts est nécessaire pour que de tels accords soient effectivement mis en place.

En comparant cette forme d'intervention à la régulation des tarifs d'accès et à l'obligation de mutualisation, nous obtenons le résultat suivant.

Proposition 3. *L'intervention réglementaire qui vise à faciliter la mise en œuvre d'accords de partage d'infrastructures mutuellement avantageux est optimale en termes de couverture du territoire : elle n'étend pas la zone sur laquelle aucun opérateur n'a intérêt à investir et garantit que de nouvelles infrastructures seront déployées en dehors de cette zone (soit par un monopole, soit dans le cadre d'un accord de mutualisation). À l'exception des zones dans lesquelles, sans régulation, l'investissement aurait été incertain, ce mode de régulation est inefficace pour favoriser le développement de la concurrence entre services innovants (c'est-à-dire dans le cas où, en l'absence de régulation, l'opérateur A dispose d'un monopole sur les nouvelles infrastructures).*

V. — PROLONGEMENTS

Dans cette section, nous étudions la robustesse de nos résultats en proposant deux autres spécifications du modèle : une première dans laquelle la qualité des services innovants dépend de l'infrastructure utilisée pour les fournir ; une seconde où les services innovants proposés par les deux opérateurs sont identiques. Dans un cas comme dans l'autre, les firmes se livrent une concurrence à la Bertrand sur le marché des services innovants lorsqu'un opérateur dispose d'un monopole sur les nouvelles infrastructures et fixe un tarif d'accès qui permet à son concurrent d'entrer sur le marché.

Ainsi, nous montrons que les profits réalisés par un opérateur qui n'a pas investi alors que son concurrent s'est doté de nouvelles infrastructures ($\Pi_{i,N,I}$) sont toujours nuls et la régulation des tarifs d'accès n'a d'impact que sur les incitations à investir « lorsque le concurrent n'investit pas ». Dans le second cas (qualités symétriques), les profits sont également nuls lorsque les deux opérateurs investissent simultanément : La stratégie I est au mieux la meilleure réponse à la stratégie N et la duplication des infrastructures n'est pas possible.

Sur la base du cas symétrique, nous étudions ensuite les effets d'une régulation des tarifs d'accès sur le surplus social. Nous démontrons que le régulateur peut déterminer un tarif d'accès qui maximise le surplus social en réalisant un arbitrage entre efficacité statique (maximisation du bien-être dans les zones équipées) et efficacité dynamique (couverture optimale du territoire national). Ce tarif d'accès optimal est d'autant plus élevé que les densités de population maximales sont faibles.

V.1. Autres spécifications du modèle et robustesse des résultats

V.1.1. La qualité de service dépend de l'infrastructure

Cette section remet en cause l'hypothèse selon laquelle la qualité du service innovant fourni par l'opérateur i est la même (q_i) qu'il déploie ses propres infrastructures ou qu'il utilise celles de son concurrent. Nous supposons ici que pour un même coût de déploiement $C(x)$, l'opérateur A est capable de déployer des infrastructures plus performantes que l'opérateur B . Nous admettons par ailleurs que la qualité des services proposés par un opérateur dépend exclusivement de la performance des infrastructures qu'il utilise.

Dans ce cadre :

— lorsqu'aucun d'eux n'a investi, les opérateurs proposent le service traditionnel ;

— lorsque A dispose d'un monopole sur les nouvelles infrastructures et introduit une offre de gros, les deux opérateurs fournissent un service innovant de qualité q_a . De la même manière, lorsque les services innovants sont fournis grâce à une infrastructure déployée par B , les deux opérateurs proposent un service de qualité q_b ;

— lorsque les deux opérateurs ont déployé leurs propres infrastructures, A propose un service de qualité q_a et B un service de qualité q_b .

Seule la configuration dans laquelle l'opérateur i dispose d'un monopole sur les nouvelles infrastructures change par rapport à la spécification initiale du modèle. L'opérateur i peut alors introduire une offre de gros qui permet à son concurrent d'entrer sur le marché des services innovants (*stratégie 1*) ou monopoliser ce marché (*stratégie 2*). Dans le premier cas, les prix d'équilibre sont $p_A = p_B = r_i$ (concurrence à la Bertrand) et le service traditionnel est évincé si $r_i \leq q_i \theta^-$ quel que soit le degré d'hétérogénéité des préférences (19). Dans

(19) Ce n'est pas le cas lorsque « la qualité dépend des opérateurs » (formulation initiale du modèle) où, même avec $r_i = 0$, les services innovants n'évincent pas le service traditionnel lorsque les préférences sont hétérogènes ($\theta^+ > \frac{4q_a - q_b}{q_a - q_b} \theta^-$).

le second cas, l'opérateur qui a investi est uniquement confronté à la concurrence du service traditionnel et on démontre aisément que le prix d'équilibre du service innovant est $p_A = \frac{q_a \theta^+}{2}$ si A a investi et $p_B = \frac{q_b \theta^+}{2}$ si B a investi. Dans un cas comme dans l'autre, les profits de la firme qui n'a pas investi sont nuls.

Nous démontrons en outre que la firme qui a investi est indifférente entre ces deux stratégies en l'absence d'intervention du régulateur et qu'elle préfère adopter la *stratégie 1* lorsque le tarif d'accès est inférieur à son prix d'équilibre non régulé. Prenons par exemple le cas dans lequel la firme A a investi. Ses profits valent $\Pi_{A,I,N} = D_{a,A} \cdot p_A + D_{a,B} r_A$ où $D_{a,i}$ avec $i \in \{A, B\}$ est la demande de service innovant a adressée à chaque opérateur ($D_{a,A} + D_{a,B} = D_a$). La *stratégie 2* consiste à fixer $p_A < r_A$ de sorte que $D_{a,A} = D_a$ et $D_{a,B} = 0$; dans ce cas, $\Pi_{A,I,N} = D_a \cdot p_A$. La *stratégie 1* consiste à choisir $p_A = r_A$ de sorte que $D_{a,A} > 0$ et $D_{a,B} > 0$; dans ce cas, $\Pi_{A,I,N} = D_a \cdot r_A$. Si le tarif d'accès n'est pas régulé, la firme A est indifférente entre fixer un tarif de détail $p_A = \frac{q_a \theta^+}{2}$ et un prix de gros $r_A > \frac{q_a \theta^+}{2}$ (*stratégie 2*) et fixer $p_A = r_A$ et $r_A = \frac{q_a \theta^+}{2}$ (*stratégie 1*). En revanche si le régulateur fixe un tarif de gros $r_A < \frac{q_a \theta^+}{2}$, la *stratégie 1* est strictement dominante car $D_a r_A > D_a p_A$ si $p_A > r_A$. La démonstration est identique lorsque l'opérateur B dispose d'un monopole sur les nouvelles infrastructures.

Dans le cas où les tarifs d'accès ne sont pas régulés, la matrice des gains associés aux décisions d'investissement est donc la suivante.

TABLEAU 2 : Gains associés aux stratégies d'investissement
lorsque la qualité « dépend de l'infrastructure »

		Opérateur B	
		N	I
Opérateur A	N	0;0	0; $\Pi_{B,I,N}^* - C(x)$
	I	$\Pi_{A,I,N}^* - C(x)$;0	$\Pi_{A,I,I}^* - C(x)$; $\Pi_{B,I,I}^* - C(x)$

Dans la mesure où $q_a > q_b$, on retrouve le résultat selon lequel $\Pi_{A,I,N}^* > \Pi_{B,I,N}^*$ et $\gamma_{A,N}^* > \gamma_{B,N}^*$. En revanche, le lemme 1 n'est plus vérifié et les profits d'une firme qui dispose d'un monopole sur les nouvelles infrastructures sont les mêmes, qu'elle introduise ou non une offre de gros. Ainsi, par rapport à la version initiale du modèle, $\Pi_{B,I,N}^*$ est ici inférieur, tandis que $\Pi_{A,I,N}^*$ reste inchangé. Les relations $\Pi_{i,I,N}^* > \Pi_{i,I,I}^*$ et $\gamma_{i,N}^* > \gamma_{i,I}^*$ restent valables pour $i \in \{A; B\}$. Enfin, $\gamma_{A,I}^* > \gamma_{B,N}^*$ si et seulement si $\Pi_{A,I,I}^* > \Pi_{B,I,N}^*$ et le résultat selon lequel $\gamma_{A,I}^* > \gamma_{B,N}^*$ pour des valeurs suffisamment élevées de $q_a - q_b$ reste valable.

Comme précédemment, les décisions d'investissement des opérateurs dépendent des coûts de déploiement, du degré d'hétérogénéité des préférences et du différentiel de qualité $q_a - q_b$. On retrouve en outre les quatre configura-

tions d'équilibre mises en valeur dans la section III.2.2.: la duplication ($0 < C(x) \leq \gamma_{B,I}^*$), le monopole de A sur les nouvelles infrastructures ($\gamma_{B,I}^* < C(x) < \gamma_{B,I}^*$ et $\gamma_{B,N}^* < C(x) \leq \gamma_{A,N}^*$), l'incertitude sur le déploiement ($\gamma_{A,I}^* < C(x) \leq \gamma_{B,N}^*$) et l'absence d'investissement ($\gamma_{A,N}^* < C(x)$).

Enfin, dans la mesure où $\Pi_{A,N,I} = 0$ quel que soit r_B et où $\Pi_{B,N,I} = 0$ quel que soit r_A , le seul impact de la régulation des tarifs d'accès est de réduire les incitations à investir « lorsque le concurrent n'investit pas » de la firme à laquelle elle s'applique ($\left. \frac{\partial \gamma_{A,N}}{\partial r_A} \right|_{r_A < r_A^*} > 0$, $\left. \frac{\partial \gamma_{B,N}}{\partial r_B} \right|_{r_B < r_B^*} > 0$; $\frac{\partial \gamma_{A,I}}{\partial r_i} = 0$ et $\frac{\partial \gamma_{B,I}}{\partial r_i} = 0$ avec $i \in \{A; B\}$).

V.1.2. Les qualités de service sont symétriques

Dans ce cas, la qualité du service innovant est la même (q) que celui-ci soit proposé par l'opérateur A ou l'opérateur B , sur les infrastructures de A ou sur celles de B (20). La seule différence avec le cas étudié dans la section précédente est que l'on a $\Pi_{A,I,N}^* = \Pi_{B,I,N}^*$ et $\Pi_{A,I,I}^* = \Pi_{B,I,I}^* = 0$. Dans ce cadre, la stratégie I est au mieux la meilleure réponse à la stratégie N . Il n'existe alors que deux zones géographiques: lorsque $C \leq \Pi_{i,I,N}^*$, il y a deux équilibres de Nash ($(I; N)$ et $(N; I)$) et une incertitude sur le déploiement; lorsque $C > \Pi_{i,I,N}^*$ aucune des firmes n'a intérêt à investir quelle que soit la décision adoptée par son concurrent.

V.2. Les effets de la régulation sur le surplus social lorsque la duplication des infrastructures est impossible

Cette section propose une analyse de l'impact d'une régulation des tarifs d'accès sur le surplus social dans un cadre simple où il n'existe que deux zones géographiques: une zone de concurrence par les services et une zone blanche (21). Dans ce cadre, nous démontrons que le régulateur peut déterminer un tarif d'accès qui maximise le surplus social en réalisant un arbitrage entre efficacité statique (maximisation du bien-être sur les zones équipées) et efficacité dynamique (couverture optimale du territoire national). Nous soulignons que ce tarif d'accès optimal est d'autant plus élevé que les densités de population maximales sont faibles (lorsque les préférences sont suffisamment hétérogènes, soit $\theta^+ > 3\theta^-$).

(20) Cette spécification représente à la fois un cas particulier du modèle initial et de celui où la qualité dépend des infrastructures.

(21) Dans ce cas simple où il n'existe ni duplication des infrastructures, ni zone d'incertitude quant au déploiement, l'intérêt des politiques de mutualisation étudiées précédemment est limité.

Considérons le cas symétrique présenté dans la section précédente. En supposant que les firmes parviennent à se coordonner pour que l'une d'elle investisse lorsque le jeu d'investissement a deux équilibres de Nash, il existe deux zones géographiques : la zone couverte ($C < \Pi_{i,I,N}$) et la zone non couverte ($C \geq \Pi_{i,I,N}$). Lorsqu'une firme dispose d'un monopole sur les nouvelles infrastructures, on suppose qu'elle doit fixer un tarif d'accès suffisamment bas ($r < \frac{q\theta^+}{2}$) pour qu'il y ait nécessairement concurrence par les services lorsque $C < \Pi_{i,I,N}$.

Comme nous l'avons supposé dans les développements précédents, les coûts de déploiement supportés par les opérateurs augmentent lorsque les densités de population décroissent. L'analyse en termes de surplus social nécessite d'expliquer cette relation. Nous étudions ici le cas simple dans lequel $C(x) = \bar{C} + \lambda x$.

Les densités de population valent $\frac{1}{S(x)}$ (en normalisant la population nationale à 1). La relation négative entre densités de population et coûts de déploiement se traduit alors par le fait que le coût de raccordement des foyers d'une région croît avec la superficie de celle-ci. En supposant que cette relation est linéaire, on a : $C = \delta S$ avec $\delta \in]0; +\infty[$. Nous admettons enfin que la superficie de la région x est donnée par $S(x) = S_0 + ax$ où $S_0 > 0$ est la superficie de la région la plus dense et où $a > 0$. Les coûts de déploiement supportés par un opérateur pour couvrir la région x valent alors $C(x) = \bar{C} + \lambda x$ où $\bar{C} = \delta S_0$ et $\lambda = \delta a$.

Afin d'analyser l'impact de la régulation des tarifs d'accès sur le surplus social, nous étudions le jeu séquentiel suivant :

1. le régulateur fixe un prix de gros (r) unique pour l'ensemble des régions où un opérateur a investi dans le déploiement de nouvelles infrastructures ;
2. les firmes choisissent les régions dans lesquelles elles souhaitent investir ;
3. les firmes se font concurrence sur le marché de détail.

Étape 3. Sur les régions où aucun opérateur n'a investi, seul le service traditionnel est proposé sur le marché de détail. Les prix et les profits sont nuls (concurrence en prix entre services indifférenciés) et le bien-être est égal à 0 (22).

Sur les régions où de nouvelles infrastructures ont été déployées, le marché de détail du duopole à la Bertrand conduit à $p_A = p_B = r$. Les profits de la firme qui a investi valent $\Pi = \frac{(q\theta^+ - r)r}{(\theta^+ - \theta^-)q} > 0$ (car $r < \frac{q\theta^+}{2}$, par hypothèse) lorsque

- (22) Évident, étant donné que $U = \theta q - p$, que la qualité du service traditionnel est $q_t = 0$ et que la population de chaque région est normalisée à 1.

le service innovant cohabite avec le service traditionnel et $\Pi = r$ lorsque ce dernier est évincé; les profits de la firme concurrente sont nuls. Le bien-être sur les zones équipées est donné par $W = \int_{\theta^-}^{\theta^+} (\theta q) d\theta$ où $\bar{\theta}$ est le consommateur indifférent entre le service innovant et le service traditionnel. On trouve $W = \frac{q^2 (\theta^+)^2 - r^2}{2q(\theta^+ - \theta^-)}$ lorsque les deux types de services cohabitent et $W = \frac{q(\theta^+ - \theta^-)}{2}$ lorsque le service traditionnel est évincé. Dans la mesure où $q > 0$, le bien-être W est plus élevé sur les régions où de nouvelles infrastructures ont été déployées.

Étape 2. Le déploiement de nouvelles infrastructures s'arrête à la région pour laquelle $\Pi - C(x) = 0$. Lorsque $\Pi > \bar{C}$, $\tilde{x} = \frac{\Pi - \bar{C}}{\lambda}$ désigne donc la dernière région couverte. Lorsque $\bar{C} > \Pi$, les nouvelles infrastructures ne sont déployées dans aucune région. Étant donné que la population est uniformément répartie sur les régions $x \in [0, 1]$, $\tilde{x}$ représente le pourcentage de foyers raccordés. L'ensemble des profits nets d'investissement et le surplus social valent respectivement $\pi = \int_0^{\tilde{x}} (\Pi - C(x)) dx$ et $w = \int_0^{\tilde{x}} (W - C(x)) dx$ soit $\pi = \tilde{x}\Pi - (\tilde{x}\bar{C} + \frac{\lambda}{2} \tilde{x}^2)$ et $w = \tilde{x}W - (\tilde{x}\bar{C} + \frac{\lambda}{2} \tilde{x}^2)$.

Étape 1. Considérons à présent le comportement du régulateur qui cherche à maximiser le surplus social. Comme nous l'avons fait précédemment, nous supposons que les préférences des consommateurs sont suffisamment hétérogènes pour que le service traditionnel ne soit pas évincé (cette condition est ici $\theta^+ > 2\theta^-$) (23). Il convient en premier lieu de remarquer que la tarification au coût marginal (ici $r = 0$) est sous-optimale. En dessous de $\underline{r} = q\theta^-$ le service traditionnel est évincé et tous les consommateurs choisissent le service innovant. Toute baisse du tarif de gros en dessous de $\underline{r}$ n'a pas d'impact sur W et ne fait que modifier sa répartition entre profits et surplus des consommateurs. Dans la mesure où la baisse de r accroît le surplus des consommateurs au détriment des profits (Π), elle réduit la couverture géographique ($\frac{\partial \tilde{x}}{\partial r} = \frac{1}{\lambda} \frac{\partial \Pi}{\partial r} \Big|_{r \leq \underline{r}} > 0$) sans pour autant accroître le bien-être sur les régions couvertes ($\frac{\partial W}{\partial r} \Big|_{r \leq \underline{r}} = 0$).

De la même manière, toute hausse du tarif d'accès au-dessus de $\bar{r} = \frac{q\theta^+}{2}$, réduit nécessairement le surplus social: $\bar{r}$ est la valeur du tarif d'accès qui maximise les profits (Π) de la firme qui a investi. Par conséquent, si $r \geq \bar{r}$, toute augmentation du tarif d'accès réduit la couverture géographique ($\frac{\partial \tilde{x}}{\partial r} = \frac{1}{\lambda} \frac{\partial \Pi}{\partial r} \Big|_{r > \bar{r}} < 0$) tout en dégradant le bien-être W sur les zones couvertes ($\frac{\partial W}{\partial r} \Big|_{r > \underline{r}} = \frac{p}{(\theta^+ - \theta^-)} < 0$).

- (23) Dans le cas contraire, toute la demande est couverte par le service innovant pour n'importe quel tarif d'accès inférieur ou égal à celui qui maximise le profit de la firme qui a investi sur le territoire où les nouvelles infrastructures sont déployées. Il n'y a alors aucun intérêt à mettre en place une régulation tarifaire: fixer un tarif d'accès inférieur au tarif non régulé n'accroît pas le bien-être sur les zones équipées mais réduit les profits (Π) et la couverture géographique; fixer un tarif d'accès supérieur au tarif non régulé réduit à la fois le bien-être sur les zones équipées et la couverture géographique.

Lorsque $\underline{r} < r < \bar{r}$, toute variation des tarifs d'accès exerce des effets contradictoires sur le surplus social : $\frac{\partial W}{\partial r} = \frac{\partial W}{\partial r} \tilde{x} + \frac{\partial \tilde{x}}{\partial r} W - \left(\frac{\partial \tilde{x}}{\partial r} \bar{C} + \lambda \frac{\partial \tilde{x}}{\partial r} \tilde{x} \right)$ avec $\frac{\partial W}{\partial r} = -\frac{p}{(\theta^+ - \theta^-)q} < 0$, $\frac{\partial \tilde{x}}{\partial r} = \frac{1}{\lambda} \frac{\partial \Pi}{\partial r}$ et $\frac{q\theta^+ - 2r}{(\theta^+ - \theta^-)q} > 0$, soit $\frac{\partial \tilde{x}}{\partial r} > 0$; $W > 0$ et $\tilde{x} > 0$. Ainsi, une augmentation du tarif d'accès implique à la fois une réduction du bien-être sur les régions équipées ($\frac{\partial W}{\partial r} \tilde{x} < 0$), une augmentation de la couverture ($\frac{\partial \tilde{x}}{\partial r} W > 0$) et un accroissement des coûts d'investissement ($\frac{\partial \tilde{x}}{\partial r} \bar{C} + \lambda \frac{\partial \tilde{x}}{\partial r} \tilde{x} > 0$). Ce dernier effet ne peut à lui seul annuler les bénéfices liés à l'augmentation de la couverture géographique ($W > \Pi \geq \bar{C} + \lambda x$ soit $\frac{\partial \tilde{x}}{\partial r} W > \frac{\partial \tilde{x}}{\partial r} \bar{C} + \lambda \frac{\partial \tilde{x}}{\partial r} \tilde{x}$) et l'impact « net » de l'augmentation du nombre de régions couvertes est positif. Cet effet est néanmoins contrebalancé par la réduction du bien-être sur les zones couvertes. Notons $X = \frac{\partial W}{\partial r} \tilde{x}$ les effets positifs d'une baisse de r sur le bien-être et $Y = \frac{\partial \tilde{x}}{\partial r} (W - \bar{C} - \lambda \tilde{x})$ les effets négatifs.

Nous démontrons qu'il existe, sur l'intervalle $]\underline{r}; \bar{r}[$, une et une seule valeur de r qui maximise le surplus social. Après quelques transformations, on trouve la condition suivante : $\frac{\partial W}{\partial r} \geq 0$ (resp. $\frac{\partial W}{\partial r} < 0$) si $\frac{\partial \Pi}{\partial r} (W - \Pi) > -\frac{\partial W}{\partial r} (\Pi - C)$ (resp. $\frac{\partial \Pi}{\partial r} (W - \Pi) < -\frac{\partial W}{\partial r} (\Pi - C)$) (24). En développant la condition précédente, on trouve alors $\frac{\partial W}{\partial r} \geq 0$ si $\theta^+ (3r - q\theta^+) (r - q\theta^+) \geq -2r\bar{C}(\theta^+ - \theta^-)$. Au final, à la condition suffisante que $\theta^+ > 3\theta^-$, il existe toujours, sur l'intervalle $]\underline{r}; \bar{r}[$ une et une seule valeur de $r = r^{op}$ telle que $\frac{\partial W}{\partial r} \Big|_{r < r^{op}} \geq 0$ et $\frac{\partial W}{\partial r} \Big|_{r > r^{op}} < 0$. Cette valeur est :

$$r^{op} = \frac{1}{3\theta^+} \left(2q\theta^+ - \bar{C}(\theta^+ - \theta^-) - \sqrt{C^2(\theta^{+2} + \theta^{-2} - 4\bar{C}q\theta^{+2}(\theta^+ - \theta^-) + q^2\theta^{+4} - 2\bar{C}\theta^- \theta^+)} \right)$$

En admettant que $\theta^+ > 3\theta^-$, on remarque que *le tarif d'accès qui maximise le surplus social est d'autant plus élevé que les coûts $\bar{C}$ sont élevés (on aisément que $\frac{\partial r^{op}}{\partial \bar{C}} > 0$)*. Lorsque $\bar{C}$ tend vers Π^* , r^{op} tend vers le tarif de gros qui maximise les profits (Π) et la couverture géographique. Inversement, plus les coûts $\bar{C}$ sont faibles, plus r^{op} tend vers le tarif d'accès minimal, c'est-à-dire vers le tarif qui maximise le bien-être sur les zones équipées. Ce résultat repose sur les mécanismes suivants : les variations de r ont le même impact sur la couverture géographique quel que soit le niveau de $\bar{C}$ ($\frac{\partial^2 \tilde{x}}{\partial r \partial \bar{C}} = 0$). L'effet de r sur les coûts d'investissement est également indépendant de $\bar{C}$ ($\frac{\partial^2 C(\tilde{x})}{\partial r \partial \bar{C}} = \frac{\partial \tilde{x}}{\partial r} (1 + \lambda \frac{\partial \tilde{x}}{\partial C}) = 0$). Cependant, en réduisant la couverture pour un niveau donné de r ,

- (24) $\tilde{x}$ est défini pour $\Pi - C > 0$. Ainsi, $-\frac{\partial W}{\partial r} (\Pi - C) > 0$. Comme $W - \Pi > 0$, les seules solutions admissibles sont celles pour lesquelles $\frac{\partial \Pi}{\partial r} > 0$. On retrouve ainsi la condition selon laquelle le ou les prix d'équilibre doivent nécessairement être inférieurs à $\bar{r}$.

tout accroissement de $\bar{C}$ réduit l'effet négatif qu'une augmentation de r exerce sur le surplus social. Or $\frac{\partial X}{\partial C} = \frac{\partial^2 W}{\partial r \partial C} \tilde{x} + \frac{\partial W}{\partial r} \frac{\partial \tilde{x}}{\partial C} = -\frac{1}{\lambda} \frac{\partial W}{\partial r} > 0$. En d'autres termes, un accroissement de r réduit le bien-être sur les zones couvertes, mais celles-ci sont d'autant moins nombreuses que $\bar{C}$ est élevé.

Au final, plus le coût de couverture minimal est élevé ou, en d'autres termes, plus les densités de population maximales sont basses, plus le régulateur doit privilégier la couverture géographique à la maximisation du bien-être dans les zones équipées et fixer un tarif d'accès élevé.

Enfin, il est intéressant de remarquer que le tarif d'accès optimal ne dépend pas de λ – c'est-à-dire du rythme auquel les coûts augmentent ou encore de celui auquel les densités de population décroissent. Tout accroissement de λ atténue simultanément les effets positifs (X) et les effets négatifs (Y) d'une augmentation de r . En effet, $\frac{\partial X}{\partial \lambda} = -\frac{1}{\lambda} \frac{\partial W}{\partial r} x > 0$: l'impact négatif de r sur le surplus social est d'autant plus faible que λ est élevé (25). En outre, $\frac{\partial Y}{\partial \lambda} = -\frac{1}{\lambda} \frac{\partial \tilde{x}}{\partial r} (W - \bar{C} - \lambda \tilde{x}) < 0$: l'effet positif lié à l'augmentation de r est d'autant plus faible que λ est élevé. En effet, la couverture croît d'autant moins vite avec r que λ est élevé. Enfin, lorsque $r = r^{op}$, $\frac{\partial \tilde{x}}{\partial r} (W - \bar{C} - \lambda \tilde{x}) = \frac{\partial W}{\partial r} x$ soit $\frac{\partial X}{\partial \lambda} = \frac{\partial Y}{\partial \lambda}$: toute variation de λ a alors le même effet sur X que sur Y et n'a donc pas d'impact sur la valeur de r^* .

CONCLUSION

La construction de nouveaux réseaux d'accès constitue une étape déterminante dans le développement du secteur des télécommunications. Dans un contexte de concurrence pour le déploiement de nouvelles infrastructures, rien ne garantit néanmoins que ces investissements seront réalisés. Si aucun opérateur n'a intérêt à investir dans les zones rurales à très faible densité de population quelle que soit la stratégie adoptée par les autres opérateurs, la concurrence pour le déploiement de nouvelles infrastructures rend l'investissement incertain sur des zones géographiques où chaque opérateur investirait s'il avait la certitude d'être le seul à envisager le déploiement de nouveaux réseaux. Parallèlement, rien ne garantit le développement de la concurrence entre services innovants sur les zones couvertes. En effet, en dehors des zones à très forte densité de population et des zones d'incertitude sur le déploiement de nouvelles infrastructures, l'opérateur qui investit est forcément celui dont la qualité de service est la plus élevée. Il ne permet pas à son concurrent d'accé-

- (25) L'effet est identique à celui observé pour une hausse de $\bar{C}$: un accroissement de r réduit le bien-être sur les zones couvertes, mais celles-ci sont d'autant moins nombreuses que λ est élevé.

der à son réseau dans des conditions lui permettant de réaliser un profit positif et monopolise le marché des services innovants.

La *régulation des tarifs* d'accès aux nouvelles infrastructures ne permet pas de combattre simultanément les tendances à la monopolisation et les inégalités géographiques en matière de déploiement de nouvelles infrastructures. Des tarifs d'accès régulés, inférieurs aux tarifs librement fixés par les opérateurs, sont favorables au développement de la concurrence par les services lorsqu'il existe un monopole sur les nouvelles infrastructures. Ils impliquent néanmoins une extension de la zone géographique sur laquelle aucun opérateur n'a intérêt à investir et une réduction de la zone de concurrence par les infrastructures. De surcroît, cette régulation déplace le problème de l'incertitude sur le déploiement vers les zones à fortes densités de population ou donne lieu à des problèmes d'incertitude sur le déploiement qui n'existeraient pas en situation de concurrence non régulée. L'*obligation de mutualisation* permet, dans une certaine mesure, de concilier plus efficacement les objectifs de couverture et de développement de la concurrence : comme la régulation des tarifs d'accès, elle permet le développement de la concurrence par les services lorsqu'un opérateur (la firme A) dispose d'un monopole sur les nouvelles infrastructures. Bien qu'elle accroisse elle aussi la zone géographique sur laquelle aucun opérateur n'a intérêt à investir (dans des proportions plus ou moins importantes que la régulation tarifaire), l'obligation de mutualisation garantit que de nouvelles infrastructures seront déployées en dehors de cette zone (absence de zone d'incertitude quant au déploiement de nouvelles infrastructures). L'intervention visant à *favoriser la mutualisation des infrastructures* (en intervenant pour définir des règles de partage des coûts lorsque les accords de mutualisation sont profitables pour les deux opérateurs) s'avère être, en matière de couverture géographique, le meilleur des trois modes de régulation étudiés. Elle conduit au développement de la concurrence par les services dans les zones où le déploiement d'infrastructures était incertain mais n'a aucun effet pro-concurrentiel dans les autres zones.

Le choix de privilégier l'un de ces outils de régulation dépendra de l'importance relative accordée aux objectifs de développement de la concurrence et d'aménagement numérique du territoire. L'étude des impacts de la régulation tarifaire sur le surplus social indique – dans un cadre simplifié où il n'existe d'autre alternative que l'absence d'investissement ou l'existence d'un monopole sur les nouvelles infrastructures – que l'objectif de couverture doit être privilégié lorsque les densités de populations maximales sont faibles. La portée de ce résultat est toutefois limitée dans la mesure où l'analyse en termes de surplus social réduit la problématique de l'aménagement du territoire à la question du nombre de foyers raccordés.

Cette première analyse théorique des impacts de la régulation sur la couverture du territoire appelle enfin de nombreux prolongements. Il serait notamment pertinent d'étudier la manière dont le contrôle des tarifs d'accès et les politiques de mutualisation pourraient être combinés afin de mettre en œuvre

une régulation plus adaptée aux difficultés propres à chaque zone géographique. Il conviendrait par ailleurs de s'interroger sur l'articulation entre les politiques de régulation et les interventions plus directes sur l'investissement (subventions publiques, obligations de couverture, etc.). Il serait en parallèle souhaitable, d'approfondir l'analyse du comportement des opérateurs en étudiant simultanément les dimensions géographiques et temporelles de leurs stratégies d'investissement.

RÉFÉRENCES

- ARCEP. *La lettre de l'autorité*, n° 53. Technical report, ARCEP, 2006.
- M. BOURREAU and P. DOGAN. « Unbundling the local loop ». *European Economic Review*, 49 (1):173-99, January 2005.
- R.-R. BRAEUTIGAM and J.-C. PANZAR. « Diversification incentives under “price-based” and “cost-based” regulation ». *The RAND Journal of Economics*, 20(3) :373-391, 1989.
- M. CAVE and I. VOGELSANG. « How access pricing and entry interact ». *Telecommunications Policy*, 27(10-11) :717-27, November-December 2003.
- O. FOROS. « Strategic investments with spillovers, vertical integration and foreclosure in the broadband access market ». *International Journal of Industrial Organization*, 22(1) : 1-24, January 2004.
- O. FOROS and H. J. KIND. « The broadband access market: Competition, uniform pricing and geographical coverage ». *Journal of Regulatory Economics*, 23(3) :215-35, May 2003.
- D. FUDENBERG and J. TIROLE. « Preemption and rent equalization in the adoption of new technology ». *The Review of Economic Studies*, 52(3) :383-01, 1985.
- J. GANS. « Regulating private infrastructure investment: Optimal pricing for access to essential facilities ». *Journal of Regulatory Economics*, 20(2) :167-189, 2001.
- K. HORI and K. MIZUNO. « Access pricing and investment with stochastically growing demand ». *International Journal of Industrial Organization*, 24(4) :795-808, July 2006.
- T.-M. JORDE, J.-G. SIDAK, and D.-J. TEECE. « Innovation, investment and unbundling ». *Yale Journal on Regulation*, 17(1) :1-37, 2000.
- M.-L. KATZ and C. SHAPIRO. « R and d rivalry with licensing or imitation ». *The American Economic Review*, 77(3) :402-420, 1987.
- K. KOTAKORPI. « Access price regulation, investment and entry in telecommunications ». *International Journal of Industrial Organization*, 24(5) :1013-20, September 2006.
- M. MUSSA and S. ROSEN. « Monopoly and product quality ». *Journal of Economic Theory*, 18:301-317, 1978.
- J. VAREDA and S. HOERNIG. « The race for telecoms infrastructure investment with bypass: Can access regulation achieve the first best? », Working Papers 29, Portuguese Competition Authority, Nov. 2007.
- X. WAUTHY. « Quality choice in models of vertical differentiation ». *The Journal of Industrial Economics*, 44(3) :345-53, 1996.

Voir Annexes pages suivantes

ANNEXE

— A —

Détermination des profits d'équilibre lorsqu'une seule firme a investi

Lorsqu'un opérateur dispose d'un monopole sur les nouvelles infrastructures, il peut décider d'introduire une offre de gros. Dans ce cas, les fonctions de profit sont :

— $\Pi_{A,I,N} = D_a(p_a, p_b)p_a + D_b(p_a, p_b)r_A$ et $\Pi_{B,N,I} = D_b(p_a, p_b)(p_b - r_A)$ lorsque A a investi ;

— $\Pi_{B,I,N} = D_a(p_a, p_b)r_B + D_b(p_a, p_b)p_b$ et $\Pi_{A,N,I} = D_a(p_a, p_b)(p_a - r_B)$ lorsque B a investi.

Si $\frac{p_b}{q_b} \geq \frac{p_a}{q_a}$ alors l'ensemble des consommateurs du service innovant choisissent *a*. L'opérateur A est en monopole sur le service innovant, indépendamment des tarifs d'accès.

Si $\frac{p_b}{q_b} < \frac{p_a}{q_a}$, à partir de la fonction d'utilité des consommateurs ($U_i = \theta q_i - p_i$) et compte tenu de l'hypothèse selon laquelle les services innovants n'évincent pas le service traditionnel, on trouve $D_a(p_a, p_b) = \frac{(q_a - q_b)\theta^+ - p_a + p_b}{(q_a - q_b)(\theta^+ - \theta^-)} \geq 0$, $D_b(p_a, p_b) = \frac{p_a q_b - p_b q_a}{q_b(q_a - q_b)(\theta^+ - \theta^-)} > 0$ et $D_t(p_a, p_b) = 1 - D_{a+b}(p_a, p_b)$ avec $D_{a+b} = D_a + D_b$.

Le modèle est résolu par induction à rebours à partir de ces fonctions de demande et de profit : nous calculons dans un premier temps les prix d'équilibre sur le marché de détail (étape 4) puis déterminons le tarif d'accès qui maximise les profits de la firme qui a investi (étape 3).

1. A a investi (preuve du lemme 1-i)

Prix d'équilibre sur le marché de détail (étape 4)

Si $\frac{p_b}{q_b} \geq \frac{p_a}{q_a}$, $p_a^* = \frac{q_a \theta^+}{2}$ et le service innovant co-existe avec le service traditionnel lorsque $\theta^+ > 2\theta^-$, donc notamment lorsque $\theta^+ > \frac{4q_a - q_b}{q_a - q_b} \theta^-$. Nous avons alors $\Pi_{A,I,N}^* = \frac{q_a \theta^{+2}}{4(\theta^+ - \theta^-)}$.

Si $\frac{p_b}{q_b} < \frac{p_a}{q_a}$, les firmes choisissent les prix qui maximisent leurs profits pour un niveau quelconque du tarif d'accès r_A , soit $p_a(r_A) = \frac{2q_a(q_a - q_b)\theta^+ + 3q_a r_A}{4q_a - q_b}$ et $p_b(r_A) = \frac{(q_a - q_b)q_b \theta^+ + (2q_a + q_b)r_A}{4q_a - q_b}$.

Remarque. $\frac{\partial p_a(r_A)}{\partial r_A} > \frac{\partial p_b(r_A)}{\partial r_A} > 0$ (car $q_a > q_b$) : les prix de détail sont d'autant plus élevés (resp. bas) que les tarifs d'accès sont élevés (resp. bas). En outre, p_a est davantage affecté par les variations de r_A que ne l'est p_b .

À partir de la fonction d'utilité et étant donné que $q_t = 0$ et $p_t = 0$, l'hypothèse selon laquelle les services innovants n'évincent pas le service traditionnel est vérifiée si et seulement si $p_b > q_b \theta^-$ soit $\theta^+ > \frac{(4q_a - q_b)q_b \theta^- - r_A(2q_a + q_b)}{(q_a - q_b)q_b}$. Cette valeur seuil en dessous de laquelle le service traditionnel est évincé est d'autant plus élevée que r_A est bas. $\theta^+ > \frac{4q_a - q_b}{q_a - q_b} \theta^-$ est donc une condition suffisante pour que les services innovants n'évincent pas le service traditionnel quel que soit le niveau du tarif d'accès.

Prix de gros et profits d'équilibre (étape 3)

On déduit $D_a(r_A) = \frac{2q_a \theta^+ - r_A}{(4q_a - q_b)(\theta^+ - \theta^-)}$ et $D_b(r_A) = \frac{q_a(q_b \theta^+ - 2r_A)}{(4q_a - q_b)q_b(\theta^+ - \theta^-)}$ de $p_a(r_A)$ et $p_b(r_A)$, avec $r_A \leq \frac{q_b \theta^+}{2}$.

Remarque $\frac{\partial D_a}{\partial r_A} = -\frac{1}{(4q_a - q_b)(\theta^+ - \theta^-)} < 0$ et $\frac{\partial D_b}{\partial r_A} = -\frac{2q_a}{(4q_a - q_b)q_b(\theta^+ - \theta^-)} < 0$ soit $\frac{\partial D_{a+b}}{\partial r_A} < 0$: une baisse des tarifs d'accès accroît les demandes adressées au service a et au service b . Ainsi, plus les tarifs d'accès sont bas, plus la part de marché des services innovants est élevée.

En réécrivant $\Pi_{A,I,N}$ à partir de $p_a(r_A)$, $p_b(r_A)$, $D_a(r_A)$, et $D_b(r_A)$, on détermine le tarif d'accès qui maximise les profits de l'opérateur A . Ce tarif est le même que dans le cas où $\frac{p_b}{q_b} \geq \frac{p_a}{q_a}$ ($r_A^* = \frac{q_b \theta^+}{2}$) ; il implique $D_b^* = 0$, $\Pi_{B,N,I}^* = 0$, $p_a^* = \frac{q_a \theta^+}{2}$, $D_a^* = 0$ et $\Pi_{A,I,N}^* = \frac{q_a \theta^{+2}}{4(\theta^+ - \theta^-)}$. Lorsqu'il dispose d'un monopole sur les nouvelles infrastructures, l'opérateur A fixe toujours un tarif de gros suffisamment élevé pour que le service b soit évincé. Le marché des services innovants est alors monopolisé par A (lemme 1-i).

Enfin, lorsque $r_A < r_A^*$ on a (compte tenu de $p_a(r_A)$ et $p_b(r_A)$) : $\Pi_{B,N,I} = \frac{q_a(q_a - q_b)(q_b \theta^+ - 2r_A)^2}{q_b(4q_a - q_b)^2(\theta^+ - \theta^-)}$ et $\frac{\partial \Pi_{B,N,I}}{\partial r_A} = \frac{4q_a(q_a - q_b)(2r_A - q_b \theta^+)}{q_b(4q_a - q_b)^2(\theta^+ - \theta^-)}$. Nous en déduisons $\left. \frac{\partial \Pi_{B,N,I}}{\partial r_A} \right|_{r_A < r_A^*} < 0$: une baisse des tarifs d'accès de la firme A en dessous de leur niveau d'équilibre r_A^* accroît les profits réalisés par B lorsqu'elle n'a pas investi.

2. B a investi (preuve du lemme 1-ii)

Prix d'équilibre sur le marché de détail (étape 4)

Si $\frac{p_b}{q_b} \geq \frac{p_a}{q_a}$, l'opérateur B est un opérateur de gros et $p_a^* = \frac{q_a\theta^+ + r_B}{2}$. Nous en déduisons $r_B = \frac{q_a\theta^+}{2}$ et $\Pi_B = \frac{(q_a\theta^+)^2}{8q_a(\theta^+ - \theta^-)}$. Le service innovant co-existe avec le service traditionnel lorsque $\theta^+ > \frac{4}{3}\theta^-$, donc notamment lorsque $\theta^+ > \frac{4q_a - q_b}{q_a - q_b}\theta^-$.

Si $\frac{p_b}{q_b} < \frac{p_a}{q_a}$, $p_a(r_B) = \frac{2q_a(q_a - q_b)\theta^+ + (2q_a + q_b)r_B}{4q_a - q_b}$ et $p_b(r_B) = \frac{(q_a - q_b)q_b\theta^+ + 3q_br_B}{4q_a - q_b}$. De la même manière que précédemment, $\frac{\partial p_a(r_B)}{\partial r_B} > \frac{\partial p_b(r_B)}{\partial r_B} > 0$. L'hypothèse de non éviction du service traditionnel est vérifiée si et seulement si $\theta^+ > \frac{(4q_a - q_b)\theta^- - 3r_B}{q_a - q_b}$; $\theta^+ > \frac{(4q_a - q_b)\theta^-}{q_a - q_b}$ est une condition suffisante pour que les services innovants n'évincent pas le service traditionnel quel que soit le niveau de r_B .

Prix de gros et profits d'équilibre (étape 3)

$$D_a(r_B) = \frac{2q_a\theta^+ - 2r_B}{(4q_a - q_b)(\theta^+ - \theta^-)} \text{ et } D_b(r_B) = \frac{q_a\theta^+ - r_B}{(4q_a - q_b)(\theta^+ - \theta^-)}.$$

Remarque. Comme dans le cas précédent, les demandes adressées au service a et au service b croissent lorsque le tarif d'accès diminue.

En réécrivant $\Pi_{B,I,N}$ compte tenu de $p_a(r_B)$ et $p_b(r_B)$, on trouve $r_B^* = \frac{(8q_a^2 + q_b^2)\theta^+}{16q_a + 2q_b}$. Au final, $D_a^* > 0$, $D_b^* > 0$, $\Pi_{B,I,N}^* = \frac{\theta^{+2}(2q_a + q_b)^2}{4(8q_a + q_b)(\theta^+ - \theta^-)}$ et $\Pi_{A,N,I}^* = \frac{\theta^{+2}(2q_a + q_b)^2(q_a - q_b)}{(8q_a + q_b)^2(\theta^+ - \theta^-)}$. Nous vérifions de plus que $\Pi_{B,I,N}^* > \Pi_B$: l'opérateur B préfère être opérateur de détail (sur le service innovant) avec l'opérateur A que d'être simple opérateur de gros. *Lorsqu'il dispose d'un monopole sur les nouvelles infrastructures, l'opérateur B fixe un tarif de gros qui permet à son concurrent d'entrer sur le marché du service innovant (lemme 1-ii) tout en restant lui-même sur ce marché.*

De même que précédemment, les profits de l'opérateur qui n'a pas investi croissent lorsque les tarifs d'accès aux infrastructures déployées par son concurrent décroissent: on trouve $\Pi_{A,N,I}(p_a(r_B); p_b(r_B)) = \frac{4(q_a - q_b)(r_B - q_a\theta^+)^2}{(4q_a - q_b)^2(\theta^+ - \theta^-)}$ et on en déduit aisément $\left. \frac{\partial \Pi_{A,N,I}}{\partial r_B} \right|_{r_B \leq r_B^*} < 0$.

ANNEXE — B —

Preuve de $\gamma_{A,I}^* > \gamma_{B,I}^*$

D'après les profits d'équilibre calculés dans la section III.1.2 et dans l'annexe A, nous obtenons :

$$\gamma_{A,I}^* = \frac{4q_a^2 (q_a - q_b) \theta^{+2}}{(4q_a - q_b)^2 (\theta^+ - \theta^-)} - \frac{\theta^{+2} (2q_a + q_b)^2 (q_a - q_b)}{(8q_a + q_b)^2 (\theta^+ - \theta^-)} \text{ et } \gamma_{B,I}^* = \frac{q_a q_b (q_a - q_b) \theta^{+2}}{(4q_a - q_b)^2 (\theta^+ - \theta^-)}.$$

On en déduit $\gamma_{A,I}^* - \gamma_{B,I}^* = \frac{48q_a^4 - 44q_a^3 q_b - 3q_b^2 - q_b^4}{(4q_a - q_b)(8q_a + q_b)^2 (\theta^+ - \theta^-)}$. $\gamma_{A,I}^* > \gamma_{B,I}^*$ découle directement de $q_a > q_b > 0$.

ANNEXE — C —

Preuve de $\Pi_{A,I,N}^* > \sum \Pi_{i,I}^*$

À partir des profits de la section III.1.2 et de l'annexe A, $\Pi_{A,I,N}^* - \sum \Pi_{i,I}^* = \frac{q_a q_b \theta^{+2} (4q_a + 5q_b)}{(4q_a - q_b)^2 (\theta^+ - \theta^-)}$. $\Pi_{A,I,N}^* > \sum \Pi_{i,I}^*$ est immédiat.

ANNEXE — D —

Preuve du lemme 3

Toujours d'après la section III.1.2 et l'annexe A, $\gamma_{A,I}^* = \frac{4q_a^2 (q_a - q_b) \theta^{+2}}{(4q_a - q_b)^2 (\theta^+ - \theta^-)} - \frac{\theta^{+2} (2q_a + q_b)^2 (q_a - q_b)}{(8q_a + q_b)^2 (\theta^+ - \theta^-)}$ et $\gamma_{B,N}^* = \frac{\theta^{+2} (2q_a + q_b)^2}{4(8q_a + q_b)(\theta^+ - \theta^-)}$.

Supposons q_b fixé. On pose $\Delta = \gamma_{A,I}^* - \gamma_{B,N}^*$. Δ peut s'écrire sous la forme $\Delta = \frac{f(z, \theta^-, \theta^+) q_b^{\frac{1}{2}}}{g(z, \theta^-, \theta^+, q_b)}$ avec $g(z, \theta^-, \theta^+, q_b) > 0$ et $z = \frac{q_a}{q_b}$ ($z > 1$) ; $\frac{\partial f(.)}{\partial z} > 0$. De plus, il existe une valeur $\underline{z}$ (resp. $\bar{z}$) telle que $f(.)$ est négative (resp. positive). En effet, pour $\underline{z} = 2$, on a $\Delta = -\frac{7229q_b \theta^{+2}}{56644(\theta^+ - \theta^-)} < 0$ et pour $\bar{z} = 4$, on trouve $\Delta = \frac{601q_b \theta^{+2}}{36300(\theta^+ - \theta^-)} > 0$. Nous avons donc $\Delta < 0$ pour tout $z \leq \underline{z}$ (resp. $\Delta > 0$ pour tout $z \geq \bar{z}$).