



Economie et régulation des réseaux : urbanisation, télécommunications et Internet

Alexandre Guimard

► **To cite this version:**

Alexandre Guimard. Economie et régulation des réseaux : urbanisation, télécommunications et Internet. Économies et finances. Université Paris-Saclay, 2016. Français. <NNT : 2016SACLN016>. <tel-01347680>

HAL Id: tel-01347680

<https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01347680>

Submitted on 21 Jul 2016

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

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

NNT : 2016SACLN016

THESE DE DOCTORAT DE
L'UNIVERSITE PARIS-SACLAY
PREPAREE A
L'ECOLE NORMALE SUPERIEURE DE CACHAN

ÉCOLE DOCTORALE N 578
 cole doctorale des Sciences de l'Homme et de la Société

Spécialité des Sciences  conomiques

Par

M. Alexandre Guimard

Economie et régulation des réseaux : urbanisation, télécommunications et Internet

Thèse présentée et soutenue au CRED, le 13/06/2016

Composition du Jury :

M. Marc, Bourreau	Professeur, Télécom ParisTech	Président
M., Nicolas, Curien	Professeur émérite du CNAM, membre du CSA et membre de l'Académie des technologies	Rapporteur
M., Bruno, Deffains	Professeur, Université Panthéon-Assas	Rapporteur
M., Laurent Benzoni	Professeur, Université Panthéon-Assas	Directeur de thèse

Titre : Économie et régulation des réseaux : urbanisation, télécommunications et Internet.

Mots clés : Urbanisation, économie et régulation des réseaux, télécommunications, Internet, neutralité du net, bloqueurs de publicités

Résumé : Cette thèse par articles se compose de trois chapitres.

Le premier chapitre traite principalement de l'urbanisation. Il apporte un éclairage sur l'histoire des villes ainsi que sur les évolutions futures attendues. Ainsi, cet aperçu permet de comprendre les grands enjeux pour les décideurs publics concernés par les problèmes de congestion, de pollution, d'étalement urbain, etc. Les phénomènes d'urbanisation comme l'étalement urbain accentuent les enjeux de financement des nouvelles infrastructures de réseaux de télécommunications dans les zones rurales impactées par la hausse du taux d'urbanisation. Les problématiques spécifiques au secteur des transports trouvent aussi leur transposition dans le domaine des réseaux de télécommunications. Un certain nombre d'enseignements issus des politiques de transport peuvent donc être tirés pour la régulation des télécommunications.

Le deuxième chapitre vise à répondre à la problématique du financement de nouvelles infrastructures de réseaux. Pour cela, trois essais sont proposés. Dans le premier essai, il est démontré que la menace crédible par l'État du déploiement d'une nouvelle infrastructure de réseaux peut inciter les acteurs privés à investir dans de nouvelles technologies de réseaux. Cette politique incitative n'est pas suffisante. Elle doit s'accompagner d'une politique de régulation de

l'accès. Dans le deuxième essai, il est notamment démontré que le prix de l'accès aux infrastructures de réseaux doit intégrer une prime de risque afin que les acteurs privés soient totalement rémunérés pour le risque d'investissement et qu'ils continuent d'être incités à investir dans le futur. Le cadre conceptuel appliqué au marché du Qatar permet d'estimer la prime de risque selon divers scénarii. Enfin, le troisième essai propose une nouvelle approche de régulation pour traiter de la Neutralité du Net. En particulier, il est démontré que des pauses réglementaires des règles de la Neutralité du Net pourraient s'avérer utiles. En effet, une pause réglementaire de certains principes stricts de la Neutralité du Net permettrait à un opérateur de vendre, pour une période limitée, des capacités supplémentaires aux fournisseurs de contenus et services. A l'issue de cette période, la capacité supplémentaire du réseau pourrait être réallouée à l'ensemble des services Internet soumis au régime du *Best-Effort*. Ainsi, il est démontré que cette régulation permettrait à la fois d'inciter les fournisseurs d'accès à Internet à investir mais aussi d'assurer une qualité de service relative constante sur Internet.

Le troisième chapitre traite de l'effet des bloqueurs de publicités sur le marché de l'Internet. Le modèle théorique met en évidence les effets opposés de la publicité sur les réseaux de télécommunications : la publicité congestionne les réseaux mais permet également de promouvoir la diversité des contenus proposés aux consommateurs. Ainsi, il est démontré que le fournisseur d'accès à Internet peut être incité à intégrer un bloqueur de publicités, ce qui est sous certaines conditions socialement souhaitable du point de vue du bien-être collectif.

Title: Network economics and regulation: urbanization, telecommunications, and Internet

Key words: urbanization, network economics and regulation, telecommunications, Internet, net neutrality, and ad blockers

Summary: This PhD thesis consists of three chapters.

The first chapter deals with urbanization. A brief history and forecast of cities are highlighted. This overview explains current and upcoming issues in cities, such as congestion, air pollution, urban sprawl, etc. Urban sprawl, among other things, accentuates the question of how to finance network infrastructures such as telecommunications networks at the local loop level in sparsely populated areas. Specific urban policies can be transposed to telecommunications. Some lessons are valuable to regulate this sector.

The second chapter is focuses on funding new telecommunications networks. Three articles are put forth. In the first one, it is shown that the credible threat of a State-owned network can be an incentive for private players to invest in a next-generation access. This incentive regulation, however, does not suffice. It should be accompanied by dedicated access regulation. In the second article, it is shown that the regulated access price must include a risk premium to compensate the incumbent for the investment risk of asymmetric regulation. The proposed theoretical framework applies to the Qatari fixed market. Finally, in the third article, a new regulatory approach is put forth to address the issue of Net Neutrality, in particular, *regulatory holidays* of Net

Neutrality rules can be relevant. This innovative approach would allow an Internet Service Provider, to sell, for a given time period, additional bandwidth to content and service providers. At the end of the period, additional bandwidth could be re-allocated to the Open Internet that functions under the Best-Effort regime. Hence, it is shown that this regulatory approach could be an incentive for Internet service providers to invest in more bandwidth but it would also guarantee, in the long run, a given level of quality of service for Internet services.

The third chapter deals with the effect of ad blocking on the Internet. The proposed theoretical model highlights the opposite effects of ad blocking on telecommunications networks: on the one hand, ad blocking reduces network congestion, on the other hand, ad blocking increases available content diversity over the Internet. In consequence, Internet service providers have an incentive to integrate an ad blocker, which can be welfare enhancing under certain specific conditions.

Remerciements

Je remercie tout naturellement Laurent Benzoni d'avoir encadré ce travail de recherche. Je le remercie pour ses très nombreux enseignements et conseils qui m'ont permis d'avoir une vision plus éclairée sur les enjeux et problématiques dans le domaine des infrastructures de réseaux de télécommunications. Je le remercie pour ses encouragements et aussi pour m'avoir donné l'opportunité de m'initier au métier de consultant.

De même, je n'oublie pas l'ensemble des doctorants de l'ENS Cachan, des salariés de Tera Consultants, et des personnes avec qui j'ai eu l'occasion de travailler. Je remercie Adrien Karsenty, doctorant, avec qui j'ai co-écrit le dernier essai de cette thèse consacré aux bloqueurs de publicités.

Je souhaite remercier tout particulièrement l'ensemble de ma famille, mes proches et mes amis, pour leur soutien, leur bienveillance et leur patience. Je les remercie pour tous les moments passés en leur présence qui m'ont permis de me ressourcer et de mieux appréhender mon travail doctoral.

Table des matières

INTRODUCTION GENERALE	7
CHAPITRE 1 UN APERÇU DES PHENOMENES URBAINS, QUELS ENSEIGNEMENTS POUR LA REGULATION DES TELECOMMUNICATIONS ?	14
1 <i>Présentation</i>	15
2 <i>Introduction</i>	16
3 <i>Une brève histoire des villes</i>	18
4 <i>Prévisions</i>	32
5 <i>L'apport de la recherche en Economie et en Géographie pour expliquer les phénomènes d'urbanisation</i>	40
6 <i>Les enjeux des politiques publiques</i>	49
7 <i>Quels enseignements pour la régulation des télécommunications ?</i>	62
8 <i>Conclusion</i>	67
9 <i>Bibliographie</i>	69
CHAPITRE 2 LA REGULATION INCITATIVE AUX INVESTISSEMENTS DANS LES TELECOMMUNICATIONS	75
ESSAI 1 LA REGULATION PAR LA MENACE CREDIBLE, UN OUTIL INCITATIF POUR LE DEPLOIEMENT DE NOUVELLES INFRASTRUCTURES DE RESEAUX	76
1 <i>Présentation</i>	77
2 <i>Résumé</i>	78
3 <i>Introduction</i>	79
4 <i>Pourquoi les acteurs privés ne déploient pas, ou pas assez vite un réseau fibre ?</i>	81
5 <i>Comment inciter au déploiement de la fibre ?</i>	86
6 <i>Un modèle d'incitation au déploiement d'une infrastructure par la menace crédible</i>	93
7 <i>La menace crédible pour le déploiement d'un réseau fibre, un cas français à un niveau local</i>	97
8 <i>Le déploiement de la fibre au Qatar par la menace crédible</i>	98
9 <i>Le nouvel enjeu au Qatar, une régulation de l'accès pour davantage de concurrence</i>	102
10 <i>Conclusion</i>	105
11 <i>Bibliographie</i>	107
ESSAI 2 REGULATION DE L'ACCES : UNE JUSTE COMPENSATION POUR LE RISQUE D'INVESTISSEMENT – L'EXEMPLE DU QATAR	112
1 <i>Présentation</i>	113
2 <i>Résumé</i>	114
3 <i>Introduction</i>	115
4 <i>L'intérêt de l'approche des options réelles pour la régulation de l'accès</i>	116
5 <i>Une prime de risque pour compenser l'opérateur pour le risque lié à une régulation asymétrique</i>	119
6 <i>Application pour le marché fixe du Qatar</i>	127
7 <i>Conclusion</i>	141
8 <i>Bibliographie</i>	143
ESSAI 3 UNE PAUSE REGLEMENTAIRE DES REGLES DE LA NEUTRALITE DU NET, UNE REGULATION HYBRIDE OPTIMALE ?	149

1 Résumé	150
2 Introduction	151
3 Les enjeux du débat de la Neutralité du Net (NN)	155
4 Des regulatory holidays des règles de la NN, une solution ?	160
5 Conclusion	174
6 Bibliographie	175

CHAPITRE 3 BLOQUEURS DE PUBLICITES ET NOUVEAUX MODELES ECONOMIQUES SUR INTERNET181

Présentation	182
CONTEXTE ET PROBLEMATIQUE	183
ESSAI 4 UN MODELE ECONOMIQUE POUR ANALYSER L'EFFET DES BLOQUEURS DE PUBLICITES	192
1 Résumé	193
2 Introduction	194
3 Le marché de l'Internet en l'absence de logiciels bloqueurs de publicités	195
4 Introduction d'un logiciel bloqueur de publicités	201
5 Intégration du bloqueur de publicités par le FAI	209
6 Effet du bloqueur de publicités sur le bien-être collectif	214
7 Conclusion	225
8 Bibliographie	227

CONCLUSION GENERALE.....232

ANNEXES240

URBANIZATION : AN OVERVIEW	241
0 Foreword	242
1 History of urbanization and first modeling stages	250
2 Regularities about the internal structure of cities	266
3 The distribution of cities	277
4 Forecasts	281
5 Concluding comments	289
6 Bibliography	291
REGULATION BY IRREVERSIBLE COMMITMENT: USING CREDIBLE THREATS AS AN INCENTIVE TO DEPLOY NEW INFRASTRUCTURE	297
1 Why don't private players deploy fibre networks? Or drag their feet in doing so?	299
2 How to incite fibre deployment?	301
3 A model to incite infrastructure deployment using a credible threat.....	303
4 A credible threat to deploy a fibre network, a local French case	306
5 Using a credible threat to deploy fibre in Qatar.....	306
6 Qatar's new challenges, using access regulation to spur competition.....	308
7 Conclusion	309
8 Bibliography	311

ARTICLE PUBLIE DANS « THE CONVERSATION » : L'EFFET DES BLOQUEURS DE PUBLICITES SUR LES MODELES ECONOMIQUES DE L'INTERNET

.....	316
QUESTION ECRITE N° 18392 DE MME CATHERINE MORIN-DESAILLY (SEINE-MARITIME - UDI-UC), PUBLIEE DANS LE JO SENAT DU 22/10/2015 - PAGE 2484.....	320
DETAILS DES CALCULS DE L'ESSAI 4 : BLOQUEURS DE PUBLICITES ET NOUVEAUX MODELES ECONOMIQUES SUR INTERNET	322
1 Calcul $\pi qFAI * FAI$ en fonction de $\pi qAB * FAI$ et $\pi qAB * AB$	322
2 Équilibre de Nash v^*	322
3 Optimum social	323
4 Calcul de z	324
5 Gain de la régulation.....	324

Introduction générale

En 1883, Walras indique : “Malheureusement, il faut bien le dire, les économistes jusqu'ici ont moins démontré leur laisser-faire laisser-passer qu'ils ne l'ont affirmé à l'encontre des socialistes, anciens et nouveaux, qui, de leur côté, affirment, sans la démontrer davantage, l'intervention de l'État.”¹.

Cette problématique de la compatibilité des décisions individuelles avec l'intérêt collectif avait fait en réalité l'objet de nombreux débats depuis bien longtemps comme le soulignent Alain Marciano et Steven G. Medema². Mais cette question était abordée sous un angle politique voire idéologique plutôt qu'analytique et scientifique, ce qui explique la réflexion désabusée de Walras.

Ce n'est réellement qu'à partir du début du 20^{ème} siècle que des auteurs vont s'attacher à démontrer rigoureusement la nécessité et les modalités d'une intervention publique dans l'économie et les marchés dès lors qu'elle est adéquate et proportionnée. Ainsi, Pigou (1912) insuffle l'idée qu'une taxe pourrait s'avérer utile pour forcer certains acteurs économiques à internaliser les externalités négatives qu'ils imposent aux tiers. Au sortir de la seconde guerre mondiale, Paul Samuelson³ mobilise l'économie mathématique pour traiter de la problématique des biens publics déjà mise en exergue par Adam Smith⁴. En 1958, Francis Bator définit pour la première fois le concept de

¹ Théorie mathématique de la richesse sociale, Léon Walras, éd. Guillaumin, 1883, p.79.

² “[...] we find Plato and Aristotle arguing for a wide range of legal restrictions to guard against macroeconomic (to use the modern term) instability; Aquinas making the case for rules that promote a measure of Christian justice in economic affairs; mercantilist writers lobbying for restrictions on various forms of trade (and support for others), as well as for regulations on consumption activity; and physiocratic thinkers pleading for restrictions on manufacturers and support for agricultural interests — all based on the view that the pursuit of individual self-interest through a relatively unfettered marketplace does not promote the best interests of society as a whole”. (Alain Marciano et Steven G. Medema 2015)

³ “The Pure Theory of Public Expenditures” (Samuelson 1954)

⁴ Dans l'ouvrage « Recherches sur la nature et les causes de la richesse des nations » publié en 1776

«défaillance de marché»⁵, avec pour objectif de synthétiser la grande variété des travaux passés qui mettent en évidence l’inefficience des marchés laissés à eux-mêmes. C’est dans la lignée de ces travaux que de nombreux économistes ont proposé des analyses des multiples facettes du pouvoir de marché et de sa régulation. Cette branche de la discipline économique a encore reçu récemment une véritable consécration avec la désignation de Jean Tirole qui a obtenu le prix Nobel d’Économie pour « son analyse du pouvoir de marché et de sa régulation »⁶.

Ainsi, les nombreux travaux menés tout au long du 20^{ème} siècle ont permis de démontrer que le « laisser faire » « laisser passer »⁷ se devait souvent d’être encadré par une intervention économique de l’État, adéquate et mesurée. En effet, sous les conditions de la concurrence pure et parfaite, le marché permet d’atteindre l’optimum de Pareto se définissant comme l’équilibre pour lequel aucun autre équilibre n’est préférable d’un point de vue du bien-être collectif. Cependant, comme « la concurrence est rarement parfaite, les marchés ont des failles » (cf. note 6), les intérêts individuels ne convergent pas toujours vers la poursuite de l’intérêt collectif. En d’autres termes, il existe souvent un écart entre les équilibres de marché imparfait et l’équilibre de premier rang qui aboutit à la maximisation du bien-être collectif. L’intervention d’une autorité « hors marché » se légitime pour redresser ce biais, au travers de l’instauration de contraintes et d’obligations, la régulation. Celle-ci peut-être *ex-ante* et/ou *ex-post*. Il importe alors que les coûts inhérents à l’intervention soient plus limités que les coûts sociétaux imputables aux défaillances de marché⁸.

L’intervention publique semble particulièrement indispensable dans certains secteurs lorsque la présence de forts rendements croissants débouche sur des situations monopolistiques (Piero Sraffa⁹) et si de surcroît ces activités sont créatrices de fortes externalités, positives ou négatives. Les secteurs des industries de réseaux telles que la distribution de l’eau, de l’énergie, des transports ou encore des télécommunications, présentent ces deux caractéristiques de monopole naturel et de fortes externalités : l’intervention d’autorités « hors marché » y semble donc particulièrement nécessaire.

⁵ The Anatomy of the Market Failure, Francis Bator, 1958

⁶ Dans le cadre de sa présentation, au Nobel, Jean Tirole part aussi du constat que « la concurrence est rarement parfaite, les marchés ont des failles »⁶

⁷ quoique pouvant rester la norme dans le cadre d’un système capitaliste où le droit de propriété prévaut

⁸ Coase critique une intervention hors marché pour résoudre le problème des externalités. Pour l’auteur, l’État doit seulement assurer le respect des droits de propriétés pour les biens communs. La réflexion de l’auteur a donné lieu à l’élaboration des marchés de droits à « polluer ». (“the problem of social cost” Coase 1960)

⁹ “The laws of returns under competitive conditions”, 1926

En effet, de forts rendements croissants sont présents dans ces secteurs et l'ampleur des externalités positives extra-sectorielles est jugée très importante. Par exemple, un secteur de l'énergie performant et présent sur tout le territoire est indispensable pour l'ensemble de l'économie et de la société. De même, l'accès à l'eau améliore la santé des populations et la productivité (World Health Organization 2008¹⁰), tandis que les infrastructures de transport favorisent la circulation des biens et des personnes dynamisant par la même occasion l'économie. Il est ainsi montré qu'une augmentation des dépenses (et/ou du stock) en infrastructures a un effet positif sur la croissance économique (Calderon et Serven 2014)¹¹. En moyenne, l'élasticité du PIB en fonction des dépenses publiques est estimée à environ 0.1¹². En tout état de cause, les travaux économiques s'accordent à dire que les infrastructures conditionnent d'une manière ou d'une autre le potentiel économique des pays.

Malgré la présence de ces fortes externalités positives extra-sectorielles, sans aucune intervention « hors marché », les opérateurs privés ne sont pas suffisamment incités à investir dans ces infrastructures. C'est particulièrement vrai dans les zones peu denses. En effet, parce que les infrastructures nécessitent d'importants investissements capitalistiques, la densité des populations constitue un élément clé pour expliquer le niveau des coûts unitaires d'accès aux infrastructures. Il s'en suit que les seuils de prix qui permettent au minimum de couvrir les coûts outrepassent généralement les capacités de paiement des populations dans les zones peu denses. L'espoir des opérateurs privés de rentabiliser des infrastructures étant faible voire nul, ceux-ci ne déploient pas dans les zones concernées si aucune intervention « hors marché » ne vient au minimum combler leurs pertes.

¹⁰ “An important share of the total burden of disease worldwide—around 10%—could be prevented by improvements related to drinking-water, sanitation, hygiene and water resource management” p.11

¹¹ même si le niveau de précision de ces effets est relativement faible pour deux raisons. Premièrement, à cause des problèmes d'endogénéité, la significativité et l'ampleur de l'élasticité divergent d'une étude à l'autre. En effet, la relation de causalité entre le niveau de richesse et le niveau d'investissement n'est pas unidirectionnelle : les investissements en infrastructure peuvent conduire à davantage de croissance économique tandis qu'une croissance économique soutenue conduit à des investissements supplémentaires. Deuxièmement, il existe un certain niveau d'hétérogénéité entre les régions et les secteurs. L'élasticité pour un secteur et une région donnée peut donc être tout aussi bien sous-estimée que surestimée sur la base d'une élasticité moyenne.

¹² “Drawing from a large number of subsequent empirical studies using aggregate data, primarily from industrial countries, a meta-regression analysis of the elasticity of output with respect to public capital yields an average estimate around .10” (Source: Calderon et Serven 2014)

L'intervention de l'État et la couverture des territoires en infrastructures

Outre le fait que les opérateurs privés n'internalisent pas totalement les externalités positives sur l'activité économique et sociale, d'autres éléments relatifs à l'équité des territoires et des populations sont susceptibles de justifier l'intervention des pouvoirs publics afin de combler la défaillance de l'initiative privée¹³. En effet, le risque d'une couverture en infrastructure hétérogène au sein des territoires réside dans l'exclusion économique et sociale des populations enclavées. Pour limiter ce risque, les pouvoirs publics peuvent instaurer des services d'intérêt économique général. Certains de ces services peuvent en outre faire l'objet d'une obligation de service universel.

En Europe, un service universel dans les télécommunications a été proposé par le conseil des ministres européens dès 1996. Transposé en droit français, le service universel dans les télécommunications donne la possibilité de jouir d' « un service téléphonique de qualité à un prix abordable » permettant l'acheminement entre autres « [...] des communications de données à des débits suffisants pour permettre l'accès à Internet » (loi n° 96-659, article L35-1). En France, le choix a été fait de faire financer la composante géographique du service universel des télécommunications par les opérateurs. Ces derniers participent *au prorata* de leurs revenus au « fonds de service universel »¹⁴, afin que le prestataire du service universel¹⁵ soit *in fine* compensé pour les coûts nets du service universel. Il convient de noter que la composante géographique du service universel dans les télécommunications ne concerne ni les réseaux mobile ni les services d'accès à Internet fixe haut et très haut débit. En revanche, au travers du plan très haut débit, le gouvernement français a pour objectif de déployer des réseaux d'accès à Internet très haut débit sur l'ensemble du territoire d'ici 2022. Pour cela, des subventions publiques viennent combler les défaillances du marché en finançant la moitié des coûts de déploiement des « réseaux d'initiative publique »¹⁶. Ces réseaux font l'objet d'une obligation d'ouverture à des conditions tarifaires « objectives, transparentes, non discriminatoires et proportionnées ». En particulier, après avis de l'Autorité de régulation des communications électroniques et des postes (l'ARCEP), les collectivités locales doivent établir dans ces zones d'initiative publique des prix de gros en référence aux prix qui prévalent dans les zones

¹³ La problématique de la couverture des territoires en infrastructures renvoie donc à un problème d'allocation, de production et de redistribution des ressources.

¹⁴ géré par la caisse des dépôts et des consignations

¹⁵ l'opérateur Orange au moins jusqu'en novembre 2016

¹⁶ qui couvrent 43% de la population résidant dans les zones les moins denses du territoire

d'initiative privée soumises à la concurrence. Une telle fixation de prix de gros dans les zones d'initiative publique devrait avoir pour effet de permettre une certaine homogénéité des prix de détail offerts aux consommateurs par les opérateurs sur l'ensemble du territoire français.

Cet enjeu de la couverture des territoires par les infrastructures, notamment dans le secteur des télécommunications, est accentué du fait de l'étalement urbain et de la hausse concomitante des taux d'urbanisation. Nous développons plus précisément au Chapitre 1 ces phénomènes, relatifs à la concentration des entreprises et des ménages dans l'espace¹⁷.

De plus, toutes choses égales par ailleurs, en particulier, pour un niveau donné de densité urbaine, le niveau de concurrence sur le marché de gros et de détail, ainsi que la régulation de l'accès et d'autres contraintes réglementaires telles que les règles de la Neutralité du Net peuvent aussi expliquer la faible incitation des opérateurs privés à investir dans de nouvelles technologies de réseaux. En l'occurrence, le coût d'opportunité d'investir dans une boucle locale en fibre optique est d'autant plus élevé pour un opérateur historique que la rente sur la boucle locale cuivre est élevée. Or, l'espérance de rentabiliser la fibre peut être fortement réduite si, la régulation de l'accès est seulement basée sur les coûts au niveau du marché en amont tandis que l'obligation d'ouverture à des conditions tarifaires avantageuses exacerbe la concurrence en services au niveau du marché en aval. Toute la difficulté des régulateurs est donc d'inciter les opérateurs privés à investir dans les infrastructures tout en assurant la protection des consommateurs et en promouvant la concurrence en services.

L'incitation à l'investissement dans de nouvelles technologies de réseaux

Le rôle du régulateur est double.

¹⁷ Une brève histoire et prospective des phénomènes urbains sont tout d'abord présentés. Ensuite, il sera question de montrer dans quelle mesure les recherches en Économie et en Géographie permettent de mieux comprendre et d'expliquer la formation et le développement des villes. En présence de fortes économies d'agglomération (externalités de localisation), les concentrations doivent être promues tandis que certains comportements individuels créateurs d'externalités négatives doivent être limités. Ainsi, il conviendra d'identifier le rôle des politiques publiques. À partir de cet aperçu des phénomènes urbains et des politiques publiques affiliées, nous tirerons deux principaux enseignements pour la régulation des télécommunications. Tout d'abord, l'étalement urbain couplé à la hausse des taux d'urbanisation exacerbe les enjeux de la couverture des infrastructures de réseaux. Ensuite, le principe de liberté et de gratuité de circulation dans le domaine des transports, appliqué au secteurs des télécommunications, laisse à penser que le régulateur devrait toujours s'assurer qu'un minimum de bande passante est toujours alloué à l'Internet ouvert soumis au régime du *Best-Effort*.

Premièrement, la régulation de l'accès doit permettre d'assurer un accès non-discriminatoire et des prix raisonnables d'accès aux infrastructures essentielles¹⁸ qui ne peuvent pas être répliquées par d'autres concurrents (monopole naturel sur le marché en amont). Ce type de régulation a pour but de promouvoir la concurrence en services sur le marché en aval et donc de limiter le pouvoir de marché de l'opérateur historique. Elle vise à diminuer les prix de détail et améliorer la diversité et la qualité des services offerts au consommateur final. Si le prix de l'accès est fixé par le régulateur, celui-ci doit être suffisamment faible pour permettre de développer une concurrence en services. Si une régulation *ex-ante* n'est pas appliquée, une régulation *ex-post* est nécessaire afin de vérifier qu'un espace économique suffisant existe pour les concurrents sur le marché en aval (test du *margin squeeze*).

Deuxièmement, si le prix régulé ne doit pas être trop élevé, il ne doit pas non plus être trop faible. En effet, l'opérateur historique doit être incité à investir dans de nouvelles infrastructures. Le prix régulé de l'accès doit donc compenser l'opérateur pour le risque d'investissement. Le deuxième chapitre de cette thèse se concentre sur cette problématique de l'incitation à l'investissement. Une nouvelle approche de régulation par la menace crédible est proposée à l'Essai 1. Il est démontré que la menace d'un déploiement d'une infrastructure publique peut inciter un opérateur historique privé à investir dans des réseaux de nouvelle génération (réseau fibre en l'occurrence). Les résultats du modèle simple proposé sont illustrés au travers de deux exemples, le premier à un niveau régional en France, le deuxième à un niveau national au Qatar. Cette approche doit être couplée à une régulation optimale de l'accès. En l'occurrence, comme présenté à l'Essai 2, une prime de risque doit être incluse au prix de l'accès afin que l'opérateur soit compensé pour le risque inhérent à une régulation asymétrique. Le cadre conceptuel de cet essai est appliqué au marché fixe THD du Qatar.

Outre une régulation de l'accès seulement basée sur les coûts, d'autres types d'intervention publique sont susceptibles de contraindre l'investissement privé. Comme exposé à l'Essai 3, les règles strictes de la Neutralité du Net (NN) peuvent constituer un frein à l'investissement et à l'augmentation de la qualité de service, alors même que ces règles sont censées protéger l'intérêt du consommateur. Une nouvelle approche de régulation, basée sur des *regulatory holidays*, pourrait s'avérer utile pour inciter les fournisseurs d'accès à Internet à investir et assurer une qualité de service relative constante sur Internet.

¹⁸ qui imposent de par des coûts fixes très importants une structure de marché très concentrée (monopole naturel)

Quoiqu'il en soit, même si une différenciation verticale des services ou une priorisation payante sur les réseaux peut, dans une certaine limite, sembler nécessaire ; le régulateur doit toujours veiller à ce que les opérateurs agissent dans le domaine de l'Internet ouvert comme de « simples tuyaux » (*dumb pipes* en anglais). En effet, c'est bien la possibilité d'accéder à n'importe quel contenu licite qui doit être assurée pour l'ensemble des consommateurs connectés à l'Internet ouvert. Tout blocage de contenus, y compris publicitaires, imposé aux usagers peut s'analyser comme une entorse au principe de la Neutralité du Net. Pourtant, l'incursion des fournisseurs d'accès à Internet sur les contenus ne semble pas complètement infondée. L'opérateur Free déclarait par exemple que « les spams¹⁹ encombrent inutilement les réseaux de télécommunications et, par leur volume croissant, rendent plus difficile, ou plus coûteux, le maintien de la continuité et de la qualité de service que lui impose le code des postes et communications électroniques»²⁰.

Le blocage publicitaire est-il souhaitable ?

La problématique de l'effet des bloqueurs de publicités sur le marché de l'Internet est développée dans le dernier chapitre de cette thèse. Il est démontré qu'un FAI est toujours incité à intégrer les externalités du blocage publicitaire sur son réseau. Le blocage publicitaire, lorsqu'il est imposé aux usagers constitue une entorse au principe de la Neutralité du Net. Ce problème ne se pose pas si les consommateurs choisissent par eux-mêmes d'activer ou non la fonction de blocage publicitaire. Dans ce cas, un FAI qui intègre un bloqueur de publicités a l'avantage, contrairement à un bloqueur indépendant, d'internaliser les externalités de la publicité sur les réseaux de télécommunications, ce qui peut améliorer, sous certaines conditions, le bien-être collectif.

¹⁹ Mails non sollicités

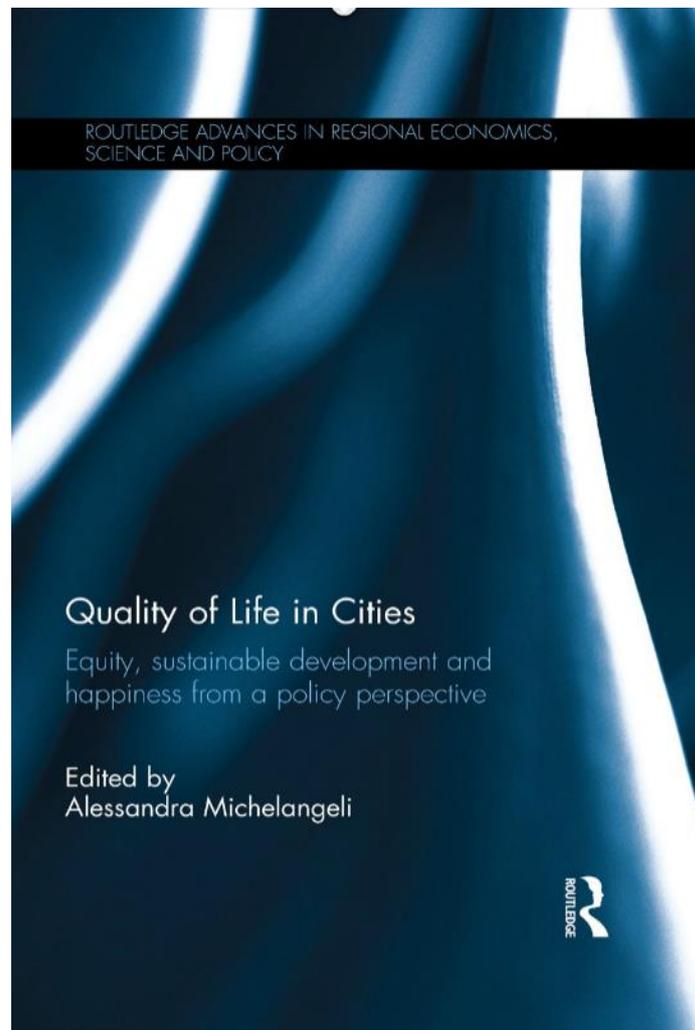
²⁰ <http://www.journaldugeek.com/2016/01/27/free-condamne-pour-son-filtre-anti-spam/>

Chapitre 1 Un aperçu des phénomènes urbains, quels enseignements pour la régulation des télécommunications ?

1 Présentation

Ce chapitre s'inspire en grande partie des premières recherches bibliographiques pendant la première année de thèse. Les résultats de cette recherche ont débouché sur une publication co-écrite avec André de Palma. L'article a été publié par « Routledge Advances in Regional Economics, Science and Policy » dans un ouvrage intitulé *Quality of Life in Cities: Equity, Sustainable Development and Happiness from a Policy Perspective* et édité par Alessandra Michelangeli.

L'article tel que publié dans l'ouvrage en question est disponible en Annexe (voir l'article intitulé *Urbanization : an overview*). Pour les besoins de la thèse, il a été retravaillé et traduit en langue française. En particulier, la structure a changé, de nombreux passages ont été supprimés, tandis que d'autres ont été ajoutés afin entre autres que des enseignements issus de l'analyse des phénomènes urbains puissent être tirés pour le secteur des télécommunications.



2 Introduction

6 000 ans avant notre ère, seulement quelques milliers de personnes vivaient dans les villes. À l'heure actuelle, des villes telles que Tokyo, Delhi, Mexico ou encore New-York regroupent plusieurs millions de personnes. La manière dont les villes ont émergé et se sont développées dépend indubitablement du contexte historique. Deux types de villes se distinguent, la ville préindustrielle et la ville post-industrielle (Sjoberg, 1960). « La production de biens et services dans les villes préindustrielles était dépendante des sources animales d'énergie appliquées directement ou indirectement aux outils mécaniques tels que les marteaux, les poulies et les roues ». Les villes postindustrielles quant à elles dépendent de sources inanimées d'énergie utilisées grâce à l'invention de la machine à vapeur pour décupler les efforts humains. Avant la révolution industrielle, les procédés de production et les modes de transport sont restés relativement stables au cours du temps. La ville était dense (Newman & Kenworthy, 1996), avec un usage mixte des terres et les logements faisaient office d'atelier (Sjoberg, 1960). Après la révolution industrielle, les usines et les nouveaux modes de transport ont refaçonné les villes. Les villes se sont étalées et par la même occasion sont devenues plus différenciées d'un point de vue spatial. L'étalement urbain s'est davantage accentué après la seconde guerre mondiale et surtout dans les années 1970 avec la démocratisation de la voiture particulière et l'apogée des villes dites automobiles.

Sur la base de certaines régularités observées qui concernent la croissance urbaine et les comportements individuels, il est possible de comprendre les mécanismes à l'œuvre qui sont à l'origine du développement des villes. En outre, la compréhension des phénomènes urbains permet de mieux cerner et anticiper la taille et la structure interne des villes dans le futur.

Les décideurs ont leur rôle à jouer dans la façon dont les villes se développent ou bien se contractent. Ils doivent promouvoir ou bien contrecarrer certains développements urbains dans le but de tendre vers une taille de ville plus optimale. En outre, de nombreux enjeux sont relatifs à la structure interne des villes. Les décideurs doivent entre autres gérer les risques de tout ordre²¹, faire face à la congestion

²¹ Par exemple, le développement des villes le long des côtes en Asie va continuer de s'opérer, mais c'est aussi dans ces régions que la hausse de la fréquence et de l'amplitude des désastres naturels seront particulièrement élevées. Les pays occidentaux ne sont pas non plus exemptés des risques naturels. D'après une étude datée de 2008 de l'Institut d'études géologiques des États-Unis (US Geological Survey) « [...] dans les 30 prochaines années [...] la probabilité d'un tremblement de terre de magnitude 6.7 au moins dans la baie de San Francisco est de 63% ». De plus, les plus grandes

du trafic, à la pollution atmosphérique et aux inégalités sociales.

Nous présenterons tout d'abord à la section 3 comment les villes ont évolué, des villes piétonnes de l'ère Néolithique aux mégaloilles aujourd'hui peuplées de plusieurs dizaines de millions de personnes et qui s'étendent sur des dizaines de kilomètres.

Globalement, la principale tendance à l'urbanisation des territoires devrait se poursuivre dans les prochaines décennies comme indiqué à la section 4. Néanmoins, la croissance urbaine sera fortement disparate d'une région à l'autre du monde. Les développements urbains les plus marqués devraient surtout se concentrer dans les villes de taille moyenne des pays en voie de développement.

Ensuite, nous montrerons à la section 5 que la recherche en Economie et en Géographie permettent de mieux comprendre comment se forment et évoluent les concentrations des ménages et des entreprises dans l'espace.

Comme il sera souligné à la section 6, ces analyses semblent indispensables car elles aident les décideurs publics dans leur prise de décision pour développer et gérer de façon optimale les villes.

Pour finir, à la section 7, nous soulignerons l'impact de l'urbanisation croissante des territoires et de l'étalement urbain sur le besoin d'intervention et de régulation des infrastructures et des réseaux de télécommunications en particulier. Nous arguerons que certaines politiques et principes propres au secteur des transports permettent de tirer des enseignements pour la régulation des télécommunications.

villes sont malheureusement les plus exposées au risque terroriste à cause de l'effet cible – les zones les plus denses permettent aux terroristes de toucher plus de personnes (Glaeser & Shapiro 2002, Willis, 2007).

3 Une brève histoire des villes

Les premières villes constituées d'éléments bâtis datent de 10 000 à 8 500 avant notre ère. Elles ne regroupaient alors que quelques milliers d'habitants. Ensuite, ce sont dans les empires et royaumes puissants que les villes se sont le plus rapidement développées. Avant la révolution industrielle, Pékin était la ville la plus peuplée au monde. À la suite de la révolution industrielle, c'est surtout dans les pays aujourd'hui développés que le phénomène d'urbanisation a été le plus prégnant. À l'heure actuelle, la croissance urbaine se concentre dans les villes de petite et moyenne taille des pays en voie de développement. Elle s'explique principalement par les exodes ruraux et la croissance démographique dans ces pays.

À un niveau plus local, on s'aperçoit que la structure des villes a évolué au cours du temps avec l'introduction de nouveaux modes de transport. Avec un rayon de 2.5 km, les premières villes piétonnes se sont étendues au fil du temps. Le rayon des grandes agglomérations dépendantes de l'automobile est maintenant de l'ordre de 20 km (Newman & Kenworthy, 1996). Pour autant, le temps de transport est resté relativement stable, autour d'une heure par jour. L'augmentation des vitesses de transport permet aux individus de parcourir quotidiennement de plus longues distances.

3.1 Avant l'existence des villes

À l'aube de l'Humanité, les individus étaient nomades et les phénomènes de concentration de personnes n'étaient qu'éphémères. Les premiers lieux de concentration pourraient être qualifiés de « villes éphémères » même si le concept de ville en tant que tel ne peut vraisemblablement pas s'appliquer pour cette époque.

Si l'on se permet d'utiliser le concept de « ville éphémère », c'est pour faire tout d'abord référence à des localités où des groupes de personnes se rencontraient de façon plus ou moins régulière. Comme en témoignent les sites mayas, les religions ont amené à des concentrations éphémères (Kostof 1993). Pour Mumford (1961), lorsque les populations n'étaient encore que nomades, les sépultures faisaient souvent l'objet de phénomènes de concentration.

Le concept de « ville éphémère » pourrait tout aussi bien qualifier des lieux d'habitation où les individus ne restaient que pour des durées très limitées. En effet, historiquement, pour assurer leur existence, les communautés se devaient de changer régulièrement de lieu d'habitation à cause des

changements climatiques, de l'insuffisance des ressources naturelles, etc. Avant l'ère Néolithique, c'est surtout les besoins de la chasse et de la pêche qui conditionnaient le plus les migrations d'individus.

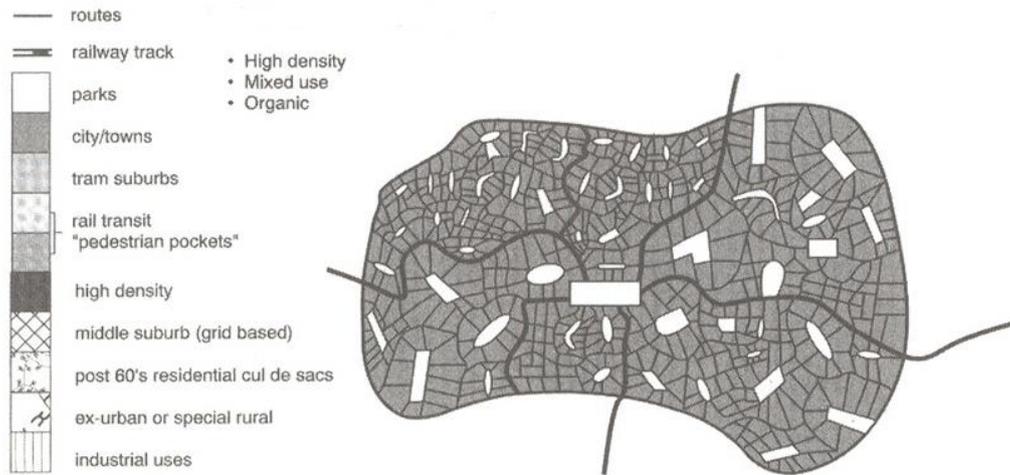
3.2 Les débuts de l'urbanisation

Avant l'ère Néolithique, nos ancêtres étaient nomades, il est donc difficile de retrouver des traces de constructions datant d'époques plus anciennes. Les premières villes à être construites, constituées d'habitations non totalement bâties, datent de la période entre 10 000 et 8 500 avant notre ère. Elles n'étaient alors peuplées que de quelques milliers d'habitants. Comme ce fut le cas d'Ain Ghazal, Catal Hüyük et Khirokitia, Jéricho, l'une des plus anciennes villes, a été construite pendant l'ère Néolithique, aux alentours de 9 000 avant notre ère (Kostof, 1993). Il est peu vraisemblable de pouvoir reconstituer des villes plus anciennes car le pouvoir politique et le degré de spécialisation des sociétés plus anciennes n'étaient pas suffisants (Cowgill, 2004).

Les villes totalement bâties (Marcus, 1998), comme Uruk, ont émergé en Mésopotamie aux alentours de 3 500 avant notre ère. Elles regroupaient alors quelques milliers d'habitants tout au plus. De par leur organisation bien spécifique, certaines villes anciennes de Mésopotamie pourraient être considérées comme des « villes États ». Malgré tout, le pouvoir qu'elles auraient exercé à un niveau régional continue de faire débat. En revanche, l'Égypte était politiquement intégrée depuis le début de l'ère dynastique (3 050-2 700 avant notre ère).

Malgré l'invention de la roue et la diminution des coûts de transport, les individus ne pouvaient se déplacer ou déplacer des marchandises qu'à des vitesses relativement faibles (Bairoch, 1991). Comme illustré au Graphique 1 (Newman & Hogan, 1987), les villes étaient denses et de superficie très réduite (le rayon des villes ne dépassait pas quelques kilomètres).

Graphique 1: La ville piétonne traditionnelle. Source: Newman & Kenworthy (1999)



3.3 Jusqu'à l'ère moderne

Les progrès techniques ont ensuite permis aux individus de voyager plus vite et à moindre coût ce qui a largement bénéficié au commerce international. Les villes se sont dès lors développées significativement. À la suite des successives hégémonies de l'empire Mésopotamien, Grec, Romain puis de Constantinople, l'empire Chinois est devenu très puissant. Les découvertes de la boussole et du gouvernail témoignent de l'avance technologique de la Chine à cette époque. Grâce à ces nouvelles technologies, l'Empire Chinois pouvait effectuer de lointaines expéditions. Au cours du 15^{ème} siècle, Zheng-He avec ses 70 bateaux, plus grands que ceux de Christophe Colomb soixante-dix années plus tard, fut un pionnier des longs voyages. Avec à son bord 30 000 personnes, il a exploré l'Afrique de l'Est, l'Asie du Sud, et le Moyen Orient. Ces longs voyages ainsi que la large flottille chinoise prouvent que l'empire Chinois détenait d'importantes capacités financières ainsi que des technologies marines avancées.

Pour Acemoglu, et al. (2002), il existerait une relation positive entre l'urbanisation et le niveau de richesse. Il n'est dès lors pas surprenant d'observer que les grandes villes de l'époque se situaient en Chine. En 1800, avec ses deux à trois millions d'habitants, la ville de Pékin était la plus peuplée au monde. À l'inverse, la taille des villes en Europe n'a que très faiblement augmenté avant la révolution industrielle, de l'ordre de 20% sur toute la période entre 1 300 et 1 800 (Bairoch, 1991). En revanche, après la révolution industrielle, la ville de Pékin a très vite été rattrapée par Londres en termes de nombre d'habitants.

3.4 Un nouvel environnement économique après la révolution industrielle

En Europe de l'Ouest

La région a gagné en importance au cours du 19^{ème} siècle, particulièrement en Grande Bretagne, du fait de la révolution industrielle. Les pays ayant réussi cette transition technologique sont aujourd'hui parmi les plus riches au monde. En fait, le droit de propriété semble avoir été l'un des facteurs essentiels du développement industriel²².

La révolution industrielle a émergé en Grande Bretagne alors que la région n'était pas autant urbanisée que la Belgique, l'Italie, les Pays-Bas ou encore le Portugal (Bairoch, 1991). La révolution industrielle prend principalement racine dans la mécanisation du filage (la fabrique du coton est due à Arkwright en 1769), l'usage du charbon pour la production de l'acier (dû à Darby en 1709, mais utilisé plus tard au 19^{ème} siècle) et dans la machine à vapeur de James Watt utilisée à partir de 1790.

Ces innovations technologiques, telle que la machine à vapeur, ont été le résultat d'un long processus d'accumulation du capital humain et financier depuis le début de l'existence des sociétés humaines. L'invention de la roue (3 500 avant notre ère) et les méthodes d'irrigation ont généré un surplus de richesse dans l'agriculture, ce qui a ensuite permis à certains citoyens de se concentrer sur les métiers intellectuels. Les connaissances ont pu se transmettre de génération en génération grâce aux enseignements oraux mais aussi grâce à l'écriture (apparue autour de 3400 avant notre ère). Des innovations technologiques comme la machine à valeur, considérée comme l'une des plus grandes avancées de l'Humanité, ont engendré des économies d'énergie et d'échelle ainsi qu'une plus grande

²² Acemoglu (Reversal of fortune: Geography and institutions in the making of the modern world income distribution, 2002) montre en l'occurrence que les colonies les plus pauvres en 1500 sont aujourd'hui en moyenne plus riches que les colonies riches en 1500. Les fonctionnements économiques et légaux imposés par les colonisateurs expliquent ces différences. En effet, dans les colonies les plus pauvres, les colonisateurs étaient incités à créer des institutions garantissant un droit de propriété pour l'ensemble de la population afin de promouvoir la croissance économique sur leurs territoires. À l'inverse, dans les colonies historiquement riches, les colonisateurs ont bien souvent utilisé les élites locales pour extraire autant de ressources naturelles que possible. Dans ces colonies, le droit de propriété était seulement assuré pour les élites, le reste de la population n'avait donc guère d'incitations à investir. En réalité, les élites non plus n'avaient guère d'incitations à investir sachant qu'en investissant elles prenaient le risque de perdre leur pouvoir et leurs avantages. Pourtant, le processus d'industrialisation nécessite un effort d'investissement de la population dans son ensemble. Cette condition était présente dans les colonies pauvres de l'époque (en 1500) qui avaient sécurisé le droit de propriété pour l'ensemble de la population et non pas seulement pour les élites.

indépendance vis-à-vis des sources d'énergie comme l'eau et les forces animales. En plus d'avoir permis le développement des transports publics (trains à vapeur), la production est devenue mécanisée.

Au cours du 19^{ème} siècle, la Grande Bretagne, était considérée comme la première fabrique du monde. La production agricole, de textile et d'acier ont en effet connu une forte hausse durant cette période. Le fer et l'acier étaient particulièrement indispensables pour la production de machines, de moteurs, de rails, de trains, et progressivement pour la construction de bâtiments et éventuellement de grattes ciels. À cette époque, les industries du fer et de l'acier devaient nécessairement se localiser à proximité des mines pour éviter des coûts élevés de transport malgré le développement du chemin de fer au cours du 19^{ème} siècle. Les industries de textile quant à elles se localisaient à proximité des gares ferroviaires afin de faciliter l'exportation.

À la suite des différentes révolutions agricoles, la Grande Bretagne a pu développer son industrie grâce à la réserve en main d'œuvre issue du monde agricole. La première révolution agricole date de la fin du 17^{ème} siècle grâce aux nouvelles techniques de culture importées des Pays-Bas. La seconde est apparue bien plus tard, après 1870, avec l'utilisation des moissonneuses-batteuses et des engrais.

Les industriels pouvaient donc compter sur des travailleurs à bas coûts en provenance des zones rurales. La proportion de travailleurs agricoles est passée de 75-80% en 1800 à 53-55% en 1910. Un important exode rural s'est donc opéré concomitamment au développement industriel.

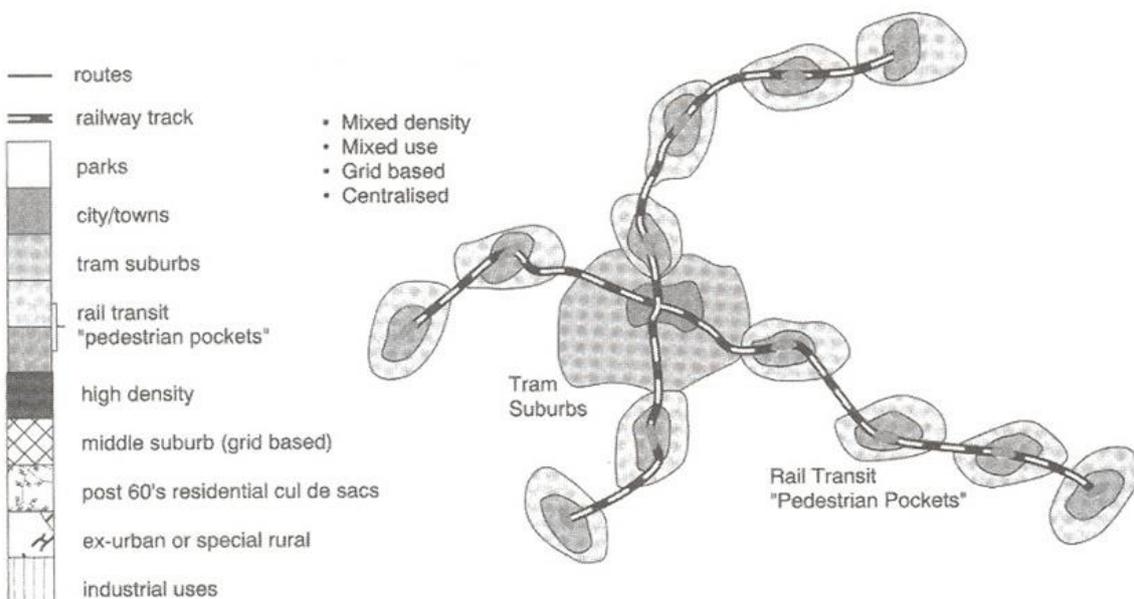
Ce sont les villes de petite et moyenne taille qui ont le plus bénéficié de la croissance de la population urbaine. En effet, Birmingham, Liverpool, Manchester, Leeds étaient les principaux centres économiques et industriels durant la première phase de la révolution industrielle (de 1700 à 1850) tandis qu'en 1700, Londres, Norwich, Bristol, Newcastle or Exeter, étaient parmi les villes les plus peuplées en Grande Bretagne. Malgré cette tendance, Londres a vu sa population fortement augmenter, elle est passée de 550 milliers d'habitants en 1700 à 2.3 millions d'habitants en 1850.

L'urbanisation s'est malheureusement accompagnée de mauvaises conditions sanitaires et de l'expansion de maladies contagieuses dans les grandes villes. Au cours du 19^{ème} siècle, l'espérance de vie était alors plus élevée dans les campagnes que dans les villes. En outre, les conditions de vie et l'accès aux infrastructures étaient hétérogènes au sein de la population citadine. Dans les villes, le déplacement des travailleurs était cantonné autour des usines et de leur lieu d'habitation. En effet, les transports publics étaient relativement coûteux pour la classe ouvrière de l'époque.

Aux États-Unis

De nombreuses villes aux États-Unis ont été construites pendant le 19^{ème} siècle. Elles se sont ensuite développées après la seconde guerre mondiale. Avant 1945, les villes ont principalement émergé autour des ports et des gares ferroviaires, ce qui a par exemple été le cas de Boston et de Détroit. Jusqu'à la fin du 19^{ème} siècle, les tramways et les carrioles permettaient aux classes les plus riches d'habiter autour des centres-villes. La ville s'est progressivement étendue autour des gares ferroviaires, avec pour conséquence l'émergence d'une structure de ville bien particulière - la ville des transports collectifs - (voir Graphique 2). La première voiture individuelle, seulement abordable pour les individus les plus riches, est apparue au cours des années 1920. Ce mode de transport s'est ensuite progressivement démocratisé. Les véhicules motorisés ont permis à des entreprises de se localiser encore plus loin des gares et ports afin de bénéficier de prix plus faibles dans le secteur immobilier. De même, ce type de transport a permis à des individus de résider dans les zones non desservies par les transports collectifs. Le développement de la voiture particulière a dès lors impacté la structure même des villes. Elles se sont développées de manière beaucoup plus homogène. Mais c'est surtout pendant la seconde moitié du 20^{ème} siècle qu'on a vu apparaître les premières villes dites « automobiles ».

Graphique 2: La ville des transports collectifs. Source : Newman & Kenworthy (1999)



3.5 Les développements récents après la second guerre mondiale

À l'échelle mondiale

Les villes qui se sont le plus rapidement développées entre 1970 et 2011 se situaient le plus souvent en Inde, le long de la Côte Est Chinoise, ainsi qu'en Afrique de l'Ouest (UN, 2012). La localisation des villes en bordure de mer semble avoir promu le développement urbain, contrairement aux villes américaines pour qui le développement s'est opéré à proximité des grands axes routiers.

Les régions côtières disposent en effet d'un avantage naturel car les entreprises peuvent importer et exporter à moindre coût. Le fort taux de croissance des villes côtières chinoises peut dès lors s'expliquer entre autres par le niveau élevé d'accessibilité vis-à-vis des voies maritimes et donc des fournisseurs²³.

Sur la base de tels avantages naturels, la concentration s'est très certainement accélérée grâce aux économies d'agglomération et rendements d'échelle croissants associés aux faibles coûts de transport tel qu'expliqués par la Nouvelle Economie Géographique (NEG). Selon la NEG, les régions attirent les travailleurs mobiles parce qu'ils bénéficient d'un salaire plus élevé et d'une plus grande variété de biens. En conséquence, par le biais du *home market effect*, le secteur manufacturier augmente plus que proportionnellement²⁴. Les seules forces de dispersion sont causées par les coûts de transport et la proportion de la classe immobile des travailleurs issus du milieu rural. En outre, les entreprises disposant d'une forte accessibilité à la demande et aux fournisseurs sont capables de payer des salaires plus élevés. Ainsi, Redding and Venables (2004) ont montré que l'accès maritime des villes côtières engendre une augmentation d'environ 60% du revenu par habitant.

Le niveau des salaires, la plus grande variété sur le marché du travail et des biens et la présence d'aménités sociales constituent des forces de concentration pour les ménages. Les conditions de vie sont donc en moyenne supérieures dans les villes relativement aux milieux ruraux. Par exemple, en Chine, les citadins étaient en 2002 deux fois plus riches en moyenne que les ruraux (Sicular, Ximing,

²³ Principalement, les pays appartenant à l'association des Nations d'Asie du Sud Est (ASEAN), le Japon et la République de Corée.

²⁴ La taille du marché augmente et les entreprises bénéficient d'économies d'échelle, ce qui attire encore davantage d'entreprises.

Gustafsson, & Shi, 2007). Au niveau mondial, le revenu par habitant a cru de 152% dans les villes en l'espace de 50 ans, entre 1960 and 2010. Les villes fournissent aussi un accès facilité à l'eau et de meilleures conditions sanitaires relativement aux zones rurales. Si les forces d'agglomération sont généralement plus fortes que les forces de dispersion dans les pays en voie de développement, dans les pays développés en revanche, les forces de dispersion²⁵ peuvent inciter les citoyens à préférer la périphérie des grandes villes et/ou des villes de petite et moyenne taille.

Malheureusement, les exodes ruraux ne sont pas toujours motivés par de meilleures conditions de vie dans les villes. Contrairement aux migrants qui choisissent délibérément de migrer vers des villes pour augmenter leurs conditions de vie, les réfugiés quant à eux, sont contraints de migrer vers les villes afin d'assurer leur survie (Bates, 2002). Globalement, le nombre de réfugiés climatiques qui s'exilent vers les bidonvilles des grandes villes est en hausse. De nombreuses villes accueillent aussi des réfugiés de guerre. Le camp de réfugié de Dadaab au Kenya, avec ses 500 000 réfugiés, en fait le plus grand camp de réfugiés au monde. Ce camp, originellement construit pour accueillir de façon provisoire des réfugiés, a aujourd'hui dépassé les 20 ans d'existence.

En France

À l'issue de la seconde guerre mondiale, les individus ont choisi de se concentrer au sein de grandes régions urbanisées. La région de l'Ile-de-France était alors l'une des plus attractives régions (solde positif de la balance migratoire). Mais depuis les années 1970, ce solde s'est inversé. La migration nette est devenue négative avec le développement concomitant de la voiture particulière (« *Counter-urbanization* » Berry, 1976). En revanche, la région de l'Ile-de-France continue toujours d'attirer de jeunes travailleurs. Ces dernières années, le Sud-Ouest et le Sud attirent un nombre de plus en plus élevé de ménages dans toutes les tranches d'âge, sauf celle de 20-29 ans (INSEE, 2005)²⁶. Dans ces régions, les cadres hautement qualifiés dans la tranche d'âge de 30-59 ans peuvent accepter des salaires relativement plus faibles que dans la région parisienne en contrepartie de meilleures conditions de vie. Le différentiel de salaire entre les régions d'un même pays peut alors servir d'indicateur de la qualité de vie (Roback, 1982). En 2012, une étude du CSA confirme que les

²⁵ niveau élevé des prix dans le secteur de l'immobilier, externalités négatives comme le bruit et/ou la pollution atmosphérique, préférence pour des aménités environnementales

²⁶ http://www.insee.fr/fr/themes/document.asp?reg_id=20&ref_id=16293

parisiens qui quittent Paris le font pour bénéficier de meilleures conditions de vie plutôt que d'un coût général de la vie plus faible²⁷. Les conditions de vie seraient alors plus élevées dans des villes de taille moyenne. Godefroy (2011) arrive à la même conclusion sur la base des données issues de l'étude SRCV publiée par l'Institution National des Etudes Economiques et Statistiques (INSEE). Il existerait donc bien une relation négative entre la satisfaction de vie et la taille des villes. Comment alors expliquer que la satisfaction moyenne de vie en Ile-de-France est relativement élevée ? En fait, les jeunes pour qui l'indice de satisfaction est relativement élevé sont aussi proportionnellement plus présents en Ile-de-France.

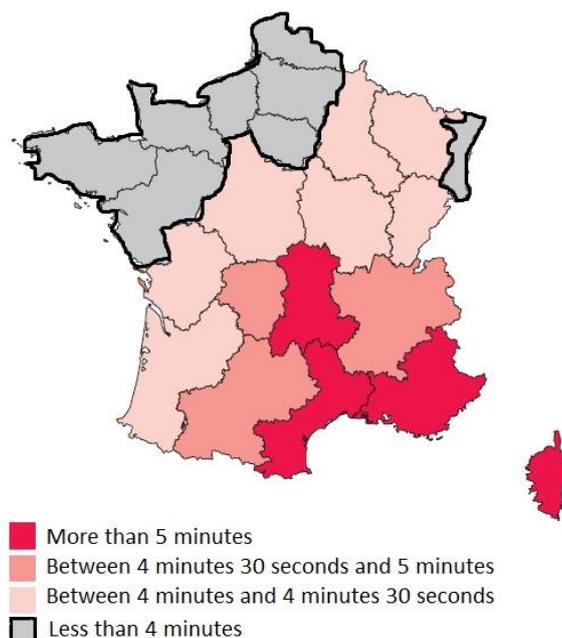
Ainsi, la recherche de meilleures conditions de vie et d'un coût de la vie plus faible pourraient constituer des facteurs explicatifs de la tendance à la contre-urbanisation et à l'étalement urbain dans les pays de l'OCDE entre 1950 et 2000. Les aires urbaines ont en effet doublées en l'espace de 50 ans (Kamal-Chaoui, 2010).

Malgré cela, l'urbanisation est en constante augmentation même si l'effet volume de l'exode rural est moins important que dans le passé. Au cours des dernières décennies, la proportion de travailleurs du secteur primaire continue de décroître. Sur la base des recensements de l'INSEE²⁸, cette proportion est passée de 8.0% en 1980 à 3.4% en 2007.

²⁷ <http://www.apce.com/cid134771/ces-franciliens-qui-revent-de-quitter-paris.html>

²⁸ http://www.insee.fr/fr/themes/document.asp?ref_id=T11F172

Graphique 3: L'accessibilité des populations aux marchés locaux. Source : Solard (2010)



Dans les zones rurales, les décideurs font face à de nombreux défis comme le faible niveau d'accessibilité aux magasins de proximité (voir Graphique 3). L'accessibilité dans ces régions a diminué de 0.5% par an entre 2002 et 2008. En outre, ce sont les municipalités les plus pauvres qui sont les plus impactées.

Contrairement aux zones rurales, l'accessibilité des populations aux magasins de proximité est en légère augmentation, de l'ordre de 0.3 % par an en moyenne, dans la plupart des grandes agglomérations françaises. Ce phénomène est encore plus marqué dans les grandes villes où l'accessibilité aux magasins de proximité a cru de l'ordre de 1.5% par an²⁹.

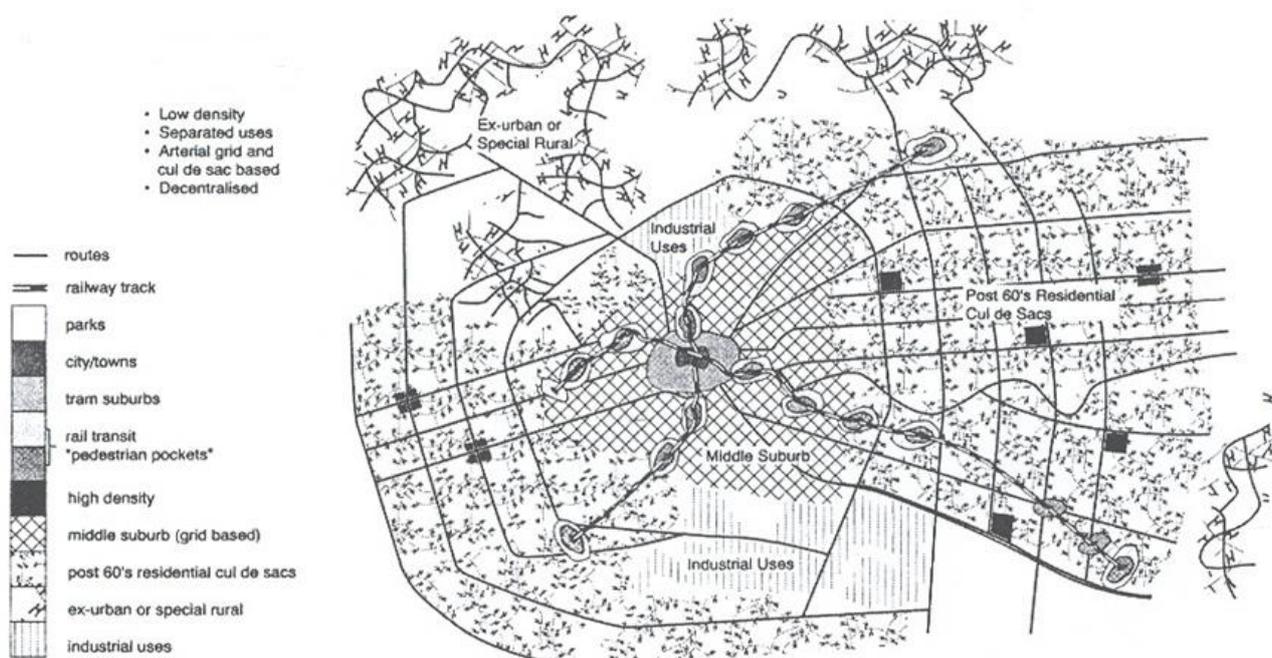
Aux États-Unis

²⁹ Le modèle des grands supermarchés a en effet atteint ses limites en France dès le début du 21^{ème} siècle. Entre 1999 et 2007, le nombre de petits supermarchés de proximité a diminué à un rythme plus faible que celui des supermarchés (-5.1% entre 1993 et 1999, -1.7% entre 1999 et 2007 d'après l'INSEE²⁹).

Il convient de noter que l'augmentation du nombre de magasins proximité ne s'accompagne pas nécessairement d'une hausse de la compétition. A Paris par exemple, malgré le nombre très élevé de petits magasins de proximité, le marché reste très concentré autour de la marque Casino qui détient près de deux tiers (60%) des supermarchés de proximité. Le groupe Carrefour quant à elle ne détient que 20% de part de marché (Authority for competition, in French: "Autorité de la concurrence"²⁹).

Après 1945, la voiture particulière est devenue plus abordable pour la classe moyenne. Les villes se sont donc étendues (voir Graphique 4) le long des axes routiers et des ports maritimes. Ce phénomène d'extension des zones urbaines en bordure des routes s'est surtout accentué dans les années 1970, donnant naissance aux *edge cities* (Garreau, 1991). L'étalement urbain s'est accru avec le développement de grands centres commerciaux qui ont largement impacté le design urbain des villes américaines.

Graphique 4: Exemple type d'une ville fortement dépendante de la voiture individuelle. Source: Newman & Kenworthy (1999)



Même si l'étalement urbain a tout d'abord été engendré par la démocratisation de la voiture particulière, ce phénomène a ensuite perduré dans le temps. Entre 1995 et 2005, les villes particulièrement dépendantes de la voiture telles que Dallas, Denver, ou encore Atlanta, ont attiré un nombre croissant de résidents en périphérie des centres-villes, devenant par la même occasion les champions de l'étalement urbain (Kamal-Chaoui, 2010).

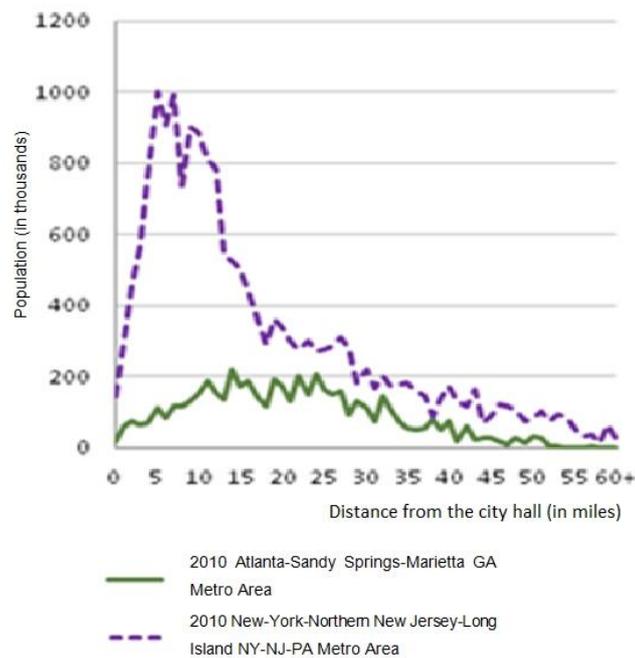
Néanmoins, ce phénomène d'étalement urbain n'a pas eu la même résonance dans l'ensemble des villes américaines. Comme illustré au Graphique 5³⁰, la population urbaine de la ville de New-York reste très concentrée à la distance de 16 kilomètres du centre-ville. À l'inverse, la ville d'Atlanta est

³⁰ http://www.census.gov/population/metro/data/pop_pro.html

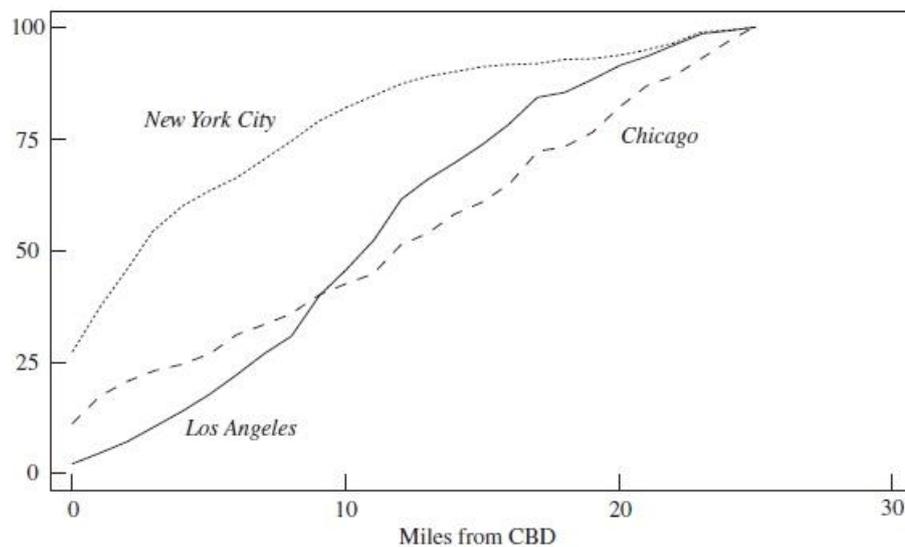
beaucoup plus étendue, avec un pique de population plus éloigné, à une distance de 32 kilomètres du centre-ville (voir la Graphique 5). En observant de plus près la proportion des emplois localisés à proximité des centres-villes (voir Graphique 6), on observe que la ville de Chicago et de Los Angeles sont davantage polycentriques que la ville de New-York où plus d'un quart des emplois de l'agglomération se trouvent au centre-ville (Glaeser & Kahn, 2001). À Chicago, le premier pique de population se situe à 10-11 kilomètres du centre-ville, le deuxième à 37-38 kilomètres, le dernier à 58 kilomètres.

L'étalement urbain plus ou moins important des agglomérations s'explique par l'augmentation de la taille des villes ainsi que par la modification de la distribution géographique des résidents. La croissance de la population de Los Angeles et de New-York s'est répartie de manière très homogène sur l'ensemble de l'agglomération. À l'inverse, la croissance démographique à Dallas, Houston, et Atlanta a été relativement plus marquée en périphérie (à 32-40 kilomètres) du centre-ville. À Chicago, la population localisée dans la première couronne (à 10-11 kilomètres du centre-ville) a diminué sur la période entre 2000 et 2010, alors que la population a significativement augmenté dans la dernière couronne. Cette troisième couronne a rejoint la seconde en termes de nombre d'habitants. À Cleveland et Detroit, les faillites industrielles sont sûrement à l'origine de nombreuses migrations de populations ainsi que d'une nouvelle distribution de la population en faveur des zones périphériques.

Graphique 5: La distribution des ménages à New-York et Atlanta. Source : US Census Bureau, Patterns of Metropolitan and Micropolitan Population Change



Graphique 6: La distribution cumulative des emplois dans trois grandes agglomérations américaines. Source: Glaeser & Kahn (2001)



Les pays émergents et en voie de développement

Depuis 1950, la croissance urbaine dans les pays développés est très faible comparée aux pays en voie de développement. Depuis 1970, la population totale dans les villes des pays en voie de développement est supérieure à celle des villes des pays développés.

Par exemple, entre 1950 et 2005, la population urbaine a augmenté deux fois plus rapidement en Chine qu'en France (Kamal-Chaoui, 2010). Entre 1990 et 1995, certaines villes chinoises ont cru à un rythme effréné de 20% par an. La population de Shenzhen était de 875 000 personnes en 1990, elle a atteint 9 millions d'habitants en 2010. Malgré cet environnement propice, certaines villes ont tout de même vu leur population diminuer. Ce fut par exemple le cas de la ville de Pusan en Corée du Sud, l'un des plus grands ports au monde, qui a vu sa population diminuer depuis 1995³¹.

La croissance urbaine chinoise a été particulièrement forte le long des côtes. Entre 1998 et 2004, toutes les villes dont la part de leur PIB dans le PIB national a augmenté étaient des villes côtières (Kamal-Chaoui, 2010). Le différentiel dans la production de richesses entre les villes côtières telles que Shanghai et Shenzhen et les villes de l'intérieur du pays a semble-t-il augmenté³² (Tsui, 2007).

Dans les pays émergents et en voie de développement, l'urbanisation ne s'accompagne pas toujours de nouvelles habitations bâties et d'une amélioration des conditions de vie. En effet, la croissance démographique dans les grandes villes peut parfois s'accompagner de nouveaux bidonvilles.

Au cours des deux dernières décennies, la situation s'est détériorée dans un nombre restreint de pays. Les guerres et les sécheresses sont les principales causes de la dégradation des conditions de vie dans les milieux urbains. En 2009, la proportion des bidonvilles a atteint 89.3% au Tchad, 95.9% en République Centre Africaine et 76.4% en Ethiopie. En Iraq, la proportion des bidonvilles a grimpé de 16.9% en 2000 à 52.8% en 2009, de même au Zimbabwe où elle est passée de 4% en 1990 à 24.1% en 2009.

Les *favelas* de Rio de Janeiro sont souvent prises en exemple pour illustrer le développement massif de bidonvilles à l'échelle d'une grande agglomération. Ces *favelas* ont été construites à la fin du 19^{ème} siècle. Elles ont émergé face à l'exode rural et l'afflux d'anciens combattants. Des bidonvilles se sont dès lors développés tout au long du 20^{ème} siècle, particulièrement au cours de la décennie de 1940, puis ensuite au cours du processus d'urbanisation pendant la seconde moitié du 20^{ème} siècle.

³¹ A Pusan comme à Séoul, "the numbers of move-out population are higher than those of move-in population"

(Statistics of Korea, see:

<http://kostat.go.kr/portal/english/news/1/17/6/index.board?bmode=read&aSeq=273106&pageNo=&rowNum=10&amSeq=&sTarget=&sTxt=>)

³² même si l'on tient compte que l'inflation est sous-estimée dans les données publiques

Les bidonvilles de Rio de Janeiro, comme dans d'autres mégapoles sont associés à des conditions sanitaires désastreuses et des problèmes d'insécurité. Ces problématiques ont existé dès le début de l'existence des *favelas*, au début du 20^{ème} siècle (de Almeida Abreu & Le Clerre, 1994). Les gouvernements ont toujours essayé de traiter ces problèmes en vue d'augmenter la valeur vénale des terres et/ou promouvoir l'image de la ville, comme en 1920, pendant la venue du roi Belge. Toutes ces tentatives ont pour autant échoué, comme au début du 20^{ème} siècle et pendant le régime de la dictature dans les années 1970. Dans les années 1980, le nombre de trafiquants a cru considérablement, ce qui a posé de nombreux problèmes d'insécurité pour les habitants des *favelas* (Perlman, 2007). Heureusement, à l'échelle nationale, le nombre de personnes vivant dans les bidonvilles au Brésil a diminué de 36.7 % à 26.9 % entre 1990 et 2010 (Moreno, 2013).

Une même tendance s'observe aussi au niveau mondial. Au cours des deux dernières décennies, les conditions sanitaires se sont globalement améliorées. En moyenne, la proportion de personnes vivant dans les bidonvilles a diminué de manière tout à fait significative, surtout en Asie. Par exemple en Chine, entre 1990 et 2009, cette proportion a diminué de 43.6% à 29.1%. L'amélioration est aussi considérable en Inde. La proportion a diminué de 54.9% à 29.4% entre 1990 et 2009. Malgré tout, la proportion de personnes vivant dans les bidonvilles reste particulièrement élevée dans nombre de pays. Elle atteint par exemple 61.6% au Bangladesh, 76.2% à Madagascar et 62.7% au Nigeria.

4 Prévisions

La population mondiale continue d'augmenter et il en est de même de la population des villes. La population dans certaines villes et régions du monde devrait croître à un rythme particulièrement élevé. Le processus d'urbanisation n'a pas atteint le seuil de maturité dans nombre de pays en voie de développement. Les ménages de ces pays devraient alors bénéficier d'une hausse significative de leur niveau de vie.

4.1 Evolutions démographiques de la population mondiale

4.1.1. Première moitié du 21^{ème} siècle

La population mondiale devrait continuer de croître au cours du 21^{ème} siècle. Le Bureau National de Recensement aux États-Unis (« US Census Bureau ») estimait en 2012 à plus de 9 millions de personnes la population mondiale à l'horizon de 2050. Même si le taux de croissance annuel de la population est en baisse, la population mondiale continue d'augmenter du fait de l'effet volume. Cette tendance cache évidemment des disparités au sein des pays.

Entre 2011 et 2050, une proportion élevée de cette augmentation globale de la population devrait provenir des pays émergents et en voie de développement ainsi que se concentrer dans les villes. Entre 2030 et 2050, le taux de croissance annuel de la population dans les pays plus développés devrait être proche de zéro (0.06%) alors qu'il devrait être significativement positif dans les pays en voie de développement (0.65%). Parallèlement, la population urbaine devrait croître à un rythme annuel relativement faible dans les pays développés (0.29%) comparé aux pays les moins développés (1.64%) (UN, 2012).

En 2050, l'Inde sera le pays le plus peuplé au monde, devant la Chine et les États-Unis. La population en Inde devrait en effet passer de 1.22 milliards de personnes en 2010 à 1.69 milliards de personnes en 2050, même si le taux de croissance annuel diminuera sur toute la période, de 1.31% en 2010 à 0.32% en 2045. Cette croissance démographique doit être relativisée eu égard à la forte croissance démographique durant la seconde moitié du 20^{ème} siècle. En Inde, la population a en effet été multipliée par 3.29 entre 1950 et 2010 (2.43 en Chine). C'est en Afrique que la croissance démographique sera la plus forte au cours du 21^{ème} siècle. La population du Nigéria devrait plus que doubler avant le milieu du siècle (2.5 fois plus d'habitants estimé pour 2050) et ainsi atteindre les 390 millions d'habitants à l'horizon de 2050. Même si la population des États-Unis devrait continuer de croître, le pays devrait se voir dépasser par le Nigéria après le milieu du siècle en termes de nombre d'habitants.

À l'opposé, la population chinoise devrait diminuer à partir de 2035 (à un taux annuel de -0.14% entre 2035 et 2040) et à un rythme de plus en plus élevé à cause de la politique de l'enfant unique (à un taux annuel de -0.23% entre 2040 et 2045 et de -0.32% entre 2045 et 2050).

De même, la population japonaise devrait suivre la même tendance (de -0.18% actuellement à -0.78% en 2045). La population russe quant à elle a commencé à décroître depuis maintenant près de 20 ans (depuis 1995). La diminution de la population russe sur l'ensemble de la période 1995-2050 devrait être de 38%. La population totale en Allemagne diminue aussi depuis quelques années (2007). Au regard de ces prévisions démographiques, la France serait ainsi le pays le plus peuplé d'Europe, devant l'Allemagne, alors qu'en 2010, l'Allemagne comptait encore 20 millions d'habitants de plus que la France.

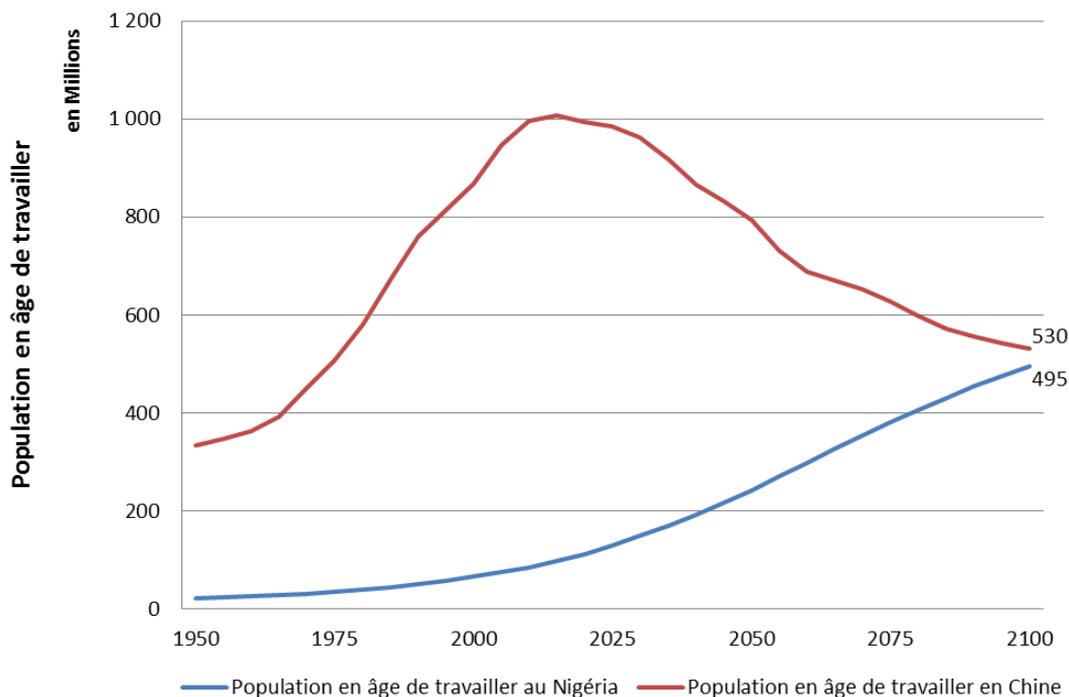
4.1.2. Seconde moitié du 21^{ème} siècle

À partir de la seconde moitié du 21^{ème} siècle, la population en l'Inde connaîtra un certain

fléchissement de sa population ; parallèlement, la population chinoise continuera de diminuer (de 1.341 milliards en 2010 à 941 millions en 2100). À l'inverse, la population du Nigéria continuera de croître jusqu'à la fin du 21^{ème} siècle. En 2100, le Nigeria deviendra ainsi le troisième pays le plus peuplé de la planète, devant les États-Unis (classé 4^{ème} en 2100) avec une population en âge de travailler (15-64 ans) à la hauteur de celle de la Chine (voir la Graphique 7).

Graphique 7: Evolution de la population en âge de travailler (15-64 ans) au Nigéria et en Chine.

Source: with data from UN (2012)



Le déclin futur de la population dans nombre de pays s'explique par l'asymétrie verticale de la pyramide des âges. En 2025 par exemple, la population âgée de plus de 65 ans à Shanghai sera deux fois plus nombreuse que celle de New-York, tandis que Tokyo comptera près de 10 millions de personnes dans cette même tranche d'âge (Dobbs, Smit, Remes, Manyika, Roxburgh, & Restrepo, 2011) sur un total estimé à 38.7 millions d'habitants (UN, 2012).

Même si le taux de fertilité en Chine passera de 1.53 en 2010 à 1.77 au milieu du siècle, il restera significativement inférieur de la barre fatidique de 2 qui permet le renouvellement de la population (toutes choses égales par ailleurs). À l'extrême opposé, la pyramide des âges au Nigéria est particulièrement écrasée à la base, avec un taux de fertilité très élevé (5.43 en 2010). Ce taux restera très largement supérieur à 2 tout au long du 21^{ème} siècle, pour se situer autour de 4.86 entre 2020 et 2025 puis autour de 2.20 à la fin du siècle en cours (c'est-à-dire au niveau actuel du taux en France,

considéré comme élevé parmi les autres pays européens).

Le taux de fertilité détermine inévitablement le nombre de personnes en âge de travailler. Dans les pays de l'OCDE, le ratio du nombre de personnes en âge de travailler (20-64 ans) sur le nombre de personnes dans la tranche d'âge supérieure (65 ans et plus) a constamment diminué depuis les années 1950. Ce ratio devrait tendre vers 2 à l'horizon de 2050, car la proportion de personnes en âge de travailler devrait être divisée par deux en moyenne dans les pays développés entre 2008 et 2050. Le même phénomène de vieillissement de la population apparaît aussi en Chine du fait de l'asymétrie verticale de la pyramide des âges. La diminution du nombre de personnes en âge de travailler en Chine devrait débuter entre 2016 et 2018, et ne pas s'estomper avant 2100, contrairement au Nigéria où la population en âge de travailler ne cesse d'augmenter. Ainsi, en 2100, la population en âge de travailler au Nigéria sera égale à celle de la Chine (INED, 2013)³³.

4.2 Prospectives dans les villes

4.2.1.1 Prévisions démographiques

Dans les pays développés, le nombre de personnes vivant dans les campagnes continue de diminuer. À l'inverse, dans les pays en voie de développement, le nombre de personnes vivant dans les campagnes continue d'augmenter mais à un rythme plus faible que celui dans les villes. Ainsi, en 2015, dans les pays en voie de développement, il y avait autant de personnes dans les villes que dans les campagnes. La répartition égalitaire de la population entre les villes et les campagnes a été atteinte bien plus tôt, il y a 60 ans, dans les pays développés.

La population urbaine en Chine continuera de croître même si la population totale Chinoise croît à un taux maintenant relativement faible. La ville de Pékin continuera de se développer à un rythme de 1% par an entre 2020 et 2025 contre 3.63% précédemment entre 1990 et 1995. Ainsi, Pékin ne pourra pas redevenir la ville la plus peuplée du monde d'ici la fin du 21^{ème} siècle. Néanmoins, la proportion de Chinois vivant dans les villes continuera de s'accroître. Alors qu'aucune ville en 1990 ne dépassait les 8 millions d'habitants, 5 villes devraient à l'horizon de 2025 être peuplées de plus de 10 millions d'habitants. La population de Shanghai par exemple devrait atteindre les 20 millions d'habitants, c'est-à-dire être multipliée par 2.56 depuis 1990. Pourtant, ce n'est pas dans les plus grandes villes

³³ http://www.ined.fr/fr/tout_savoir_population/atlas_population

que la population devrait augmenter le plus, mais plutôt dans les villes de taille moyenne. En effet, seules 33 villes chinoises comptaient plus de 1 million d'habitants en 1990, elles seront 129 en 2025. Comme décrit précédemment, la population chinoise commencera à décliner à partir de 2035, tandis que la proportion de personnes vivant dans les villes devrait se situer autour de 61.9% en 2030. On peut alors se demander à partir de quand l'exode rurale ne sera plus à même d'engendrer une croissance urbaine en Chine. En fait, avec un taux d'urbanisation de 61.9%, l'exode rural en Chine est loin d'être terminé. Ce faible taux d'urbanisation peut s'expliquer par les politiques restrictives dans les années 1960 et 1970. On pourrait alors penser que certaines restrictions de migration des populations, associées au système du *hukou*, se verront progressivement relaxées si la croissance des villes n'est plus aussi active et/ou que les taux d'occupation des immeubles deviennent préoccupants.

Ces deux dernières décennies, le phénomène d'urbanisation en Inde a été moins marqué qu'en Chine, mais cette tendance devrait s'inverser. Entre 2045 et 2050, la croissance urbaine par exemple se situera autour de 2.03% en Inde alors qu'elle sera limitée à 1.27% en Chine. Contrairement à la Chine, la croissance de la population urbaine devrait se concentrer dans les très grandes villes (« megalopolises »). Ainsi, en 2025, 3 villes devraient compter plus de 20 millions d'habitants (20.112 millions à Calcutta, 25.810 millions à Bombay et 28.568 millions à New Delhi). En Inde, l'exode rural est en marche. La proportion de personnes vivant dans les campagnes devrait diminuer à un taux annuel de plus en plus faible, de -0.53% entre 2010 et 2015 à -1.27% entre 2045 et 2050. Ainsi, la croissance de la population des villes trouve ses origines dans la croissance de la population mais aussi dans le phénomène massif d'exode rural qui historiquement expliquait 20 à 25% de la croissance urbaine (Schaffar, 2010).

La taille de New Delhi n'a donc pas fini d'augmenter. Néanmoins, Tokyo restera la ville la plus peuplée au monde encore pour quelques décennies car elle continuera de se développer jusqu'en 2030 et ce malgré la diminution de la population japonaise³⁴.

Globalement, depuis 1950, la population rurale décline dans tous les pays développés. En France par exemple, le taux d'urbanisation (85.6% en 2010) relativement élevé par rapport à l'Allemagne et la Grande Bretagne (73.8% et 79.6% respectivement) devrait pourtant continuer d'augmenter pour atteindre les 91.8% en 2030.

³⁴ Le niveau d'urbanisation passera de 66.8% en 2010 à 73% en 2030

Toutes ces statistiques sont néanmoins à prendre avec prudence car les comparaisons entre pays et les évolutions temporelles sont fortement dépendantes des différentes définitions adoptées par les pays et les changements de définitions au cours du temps. Par exemple, d'après Lévy (2013), sous certaines hypothèses, il est possible de conclure que la France est déjà pratiquement totalement urbanisée (avec un taux d'urbanisation de 96.05%).

Quoiqu'il en soit, une tendance bien réelle émerge. Alors que la Chine et l'Inde expliquent à eux seuls 54% de la croissance dans les villes, la part de l'Afrique augmente constamment. Elle était de 14% entre 1950 et 2011, elle atteindra 32.5% entre 2011 et 2050.

L'Afrique et plus précisément le Nigéria dispose d'importants avantages comme des réserves en gaz naturel liquéfié et des salaires nominaux relativement faibles ainsi qu'une importante population en âge de travailler. Ces derniers facteurs sont susceptibles d'intéresser fortement les entreprises chinoises. En effet, à l'inverse de l'Afrique de l'Ouest, la population totale en âge de travailler en Chine devrait commencer à diminuer dès 2016-2018. Ce phénomène démographique devrait imposer encore davantage une pression à la hausse des salaires sur le marché du travail chinois et inciter les entreprises à choisir l'Afrique pour la production de biens manufacturiers. En outre, les villes du Nigéria sont plus proches de l'Europe, de la côte Est des États-Unis et de l'Amérique du Sud que ne le sont les villes chinoises. L'accès aux marchés en Afrique de l'Ouest est donc particulièrement favorable³⁵.

L'attractivité de l'Afrique de l'Ouest se confirme en pratique : de nombreux entrepreneurs choisissent d'investir en Afrique et au Nigéria en particulier, du fait de l'accès au marché local en plein essor et grâce aux salaires nominaux relativement faibles (Gu, 2009). Shen (2013) déclarait :

Les investissements directs chinois sont répartis en Afrique sub-saharienne. Cependant, certains pays sont plus attractifs que d'autres pour les entreprises chinoises [...]. Le top 5 des pays les plus attractifs sont le Nigeria, l'Afrique du Sud, la Zambie, l'Ethiopie et le Ghana [...]. "L'accès au marché", principalement au marché local mais aussi potentiellement au marché pour l'exportation, joue un rôle prédominant afin d'attirer des entreprises manufacturières chinoises en Afrique.

³⁵ A l'heure actuelle, l'Afrique du Nord dispose d'un important accès au marché grâce à la proximité du pays vis-à-vis de l'Europe. En Afrique du Nord, dans un rayon 4 000 km, plus de 20 000 milliards de dollars sont produits chaque année (seulement 4 000 à 5 000 milliards de dollars en Afrique de l'Ouest (INED, 2013)).

En 2030, 63.6% des Nigériens vivront dans les villes et la croissance annuelle de Lagos, la plus élevée de toutes les villes de taille moyenne, devrait se situer autour de 3.2% entre 2008 et 2025 (Dobbs, Smit, Remes, Manyika, Roxburgh, & Restrepo, 2011). De manière concordante, les Nations Unies estimaient que le taux de croissance à Lagos serait de 3.71% en moyenne entre 2011 et 2025. Même si ces taux de croissance annuels semblent aujourd'hui particulièrement élevés, ils sont aussi à relativiser eu regard aux évolutions passées en Chine et particulièrement à Shenzhen (taux de croissance de 18.44% par an entre 1970 et 1990, puis 11.89% par an entre 1990 et 2011).

La population de Lagos continue d'augmenter alors que la ville est déjà actuellement très dense. En 2007, Lagos était la quatrième ville la plus dense au monde (City Mayor Statistics, 2007)³⁶. De même, Bombay, la ville la plus dense au monde en 2007, devrait elle aussi continuer d'attirer des résidents supplémentaires. Toute la question est alors de savoir s'il sera possible de densifier ces villes sans impacter négativement la qualité de vie des habitants... Naturellement, ces villes devront s'étendre sur des territoires vierges, la gestion de la congestion, des infrastructures, des biens publics et des espaces verts³⁷, de la pollution atmosphérique seront primordiales.

4.2.1.2 Prévisions économiques

En première analyse, de nombreuses grandes villes se situent dans des pays en voie de développement. Ainsi, en coupe transversale, le revenu par habitant et la taille des villes sont *a priori* négativement corrélés. Néanmoins, toutes choses égales par ailleurs, l'un des points les plus positifs du phénomène urbain réside dans le fait que les revenus par tête semblent augmenter avec la taille des villes. En effet, d'après Bettencourt et al. (2007), les revenus augmentent plus que proportionnellement avec la taille des villes. De plus, les niveaux d'urbanisation et les revenus par tête sont historiquement positivement corrélés, ce qui a amené Acemoglu et al. (2002) à définir le niveau d'urbanisation comme un *proxy* du niveau de richesse des individus (revenus par habitant). Ainsi, toutes choses égales par ailleurs, l'augmentation du taux d'urbanisation devrait favoriser les habitants des pays en voie de développement.

³⁶ <http://www.citymayors.com/statistics/largest-cities-density-125.html>

³⁷ Les villes d'Asie sont particulièrement denses. Le même phénomène apparaît aussi en Afrique. Lagos est la 4^{ème} ville la plus dense au monde d'après « City Mayors Statistics », voir le lien : <http://www.citymayors.com/statistics/largest-cities-density-125.html>

Malgré la corrélation apparente entre les niveaux de richesse et d'urbanisation, les villes qui créent le plus de richesses ne se situent pas forcément dans les pays les plus riches. En 2012, les États-Unis était le pays le plus riche au monde, avec un PIB qui atteignait les 15 700 milliards de dollars, suivi de la Chine (8 200 milliards de dollars), du Japon (6 000 milliards de dollars), de l'Allemagne (3 400 milliards de dollars), de la France (2 600 milliards de dollars) et de la Grande Bretagne (2 400 milliards de dollars). Pourtant, d'après Dobbs et al. (2011), au niveau des villes, la ville de New-York, la plus peuplée des États-Unis, n'a pas créé autant de revenus que Tokyo³⁸. Nombre de villes américaines se retrouvent néanmoins dans le haut du classement des villes les plus riches. Par exemple, Los Angeles et Chicago se classaient respectivement 3^{ème} et 4^{ème} avec une richesse annuelle créée de 792 et 574 millions de dollars respectivement.

Ensuite, la richesse d'une ville n'est pas strictement corrélée avec le PIB par habitant³⁹. Par exemple, en 2008, parmi les pays de l'OCDE, le revenu par habitant à Tokyo était relativement faible, autour de 41 300 dollars par an, alors qu'il était de 73 300 à New-York (classé 8^{ème}). Grâce aux industries extractives, les habitants d'Edmonton et de Calgary au Canada sont en moyenne les plus riches au monde.

Globalement, les revenus par tête dans les villes sont supérieurs à ceux des zones rurales. En 2007, la moitié de la population mondiale vivait dans les zones rurales mais ne générait que 20% du PIB mondial. À l'heure actuelle, les 600 villes ayant le plus contribué à la croissance du PIB mondial entre 2007 et 2025 ont généré plus de la moitié du PIB mondial, alors qu'elles ne regroupaient qu'un cinquième de la population mondiale. En 2025, ces villes devraient même contribuer à hauteur de 60% au PIB mondial (Dobbs, Smit, Remes, Manyika, Roxburgh, & Restrepo, 2011).

Mais jusqu'à présent, ce sont bien les villes des pays développés qui génèrent le plus de richesses. La part de ces villes dans la production du PIB mondial est de 70% alors qu'elle n'est que 14% pour les pays en voie de développement. Heureusement, la contribution des villes des pays en voie de développement dans la croissance du PIB continue d'augmenter et rattrape la contribution des villes des pays développés. En effet, parmi les 136 nouvelles villes appartenant au haut du classement des 600 premières villes (par contribution à la croissance du PIB mondial), 100 se situaient en Chine, 13 en Inde et 8 en Amérique Latine.

³⁸ en 2008, 1 406 et 1 479 milliards de dollars créés à New-York et Tokyo respectivement

³⁹ <http://measuringurban.oecd.org>

La richesse créée dans les plus grandes mégapoles (*mega-cities* en anglais) continue quant à elle de croître. La croissance cumulée de la richesse produite des villes de Shanghai et Bombay atteindrait même 197% et 185% respectivement sur la période 2008-2025. Les plus petites villes participent elles aussi à la croissance du PIB mondial. En effet, l'ensemble des villes de petite, moyenne et grande taille se situant dans les pays émergents seront responsables de 37% de la croissance du PIB mondial (sur la période 2007-2025), ce qui est supérieur à la contribution attendue de 34% de toutes les villes des pays développés et des plus grandes villes situées dans les pays émergents.

Pour résumer, même si à l'heure actuelle, le PIB mondial est principalement dû, à 70%, aux villes des pays développés, la croissance du PIB mondial sera fortement dynamisée par les villes de taille moyenne des pays en voie de développement. Le revenu par tête des 600 villes qui contribuent le plus à la croissance du PIB mondial devrait augmenter de 2.7% par an et passer en moyenne de 20 000 dollars en 2007 à 32 000 dollars en 2025.

5 L'apport de la recherche en Economie et en Géographie pour expliquer les phénomènes d'urbanisation

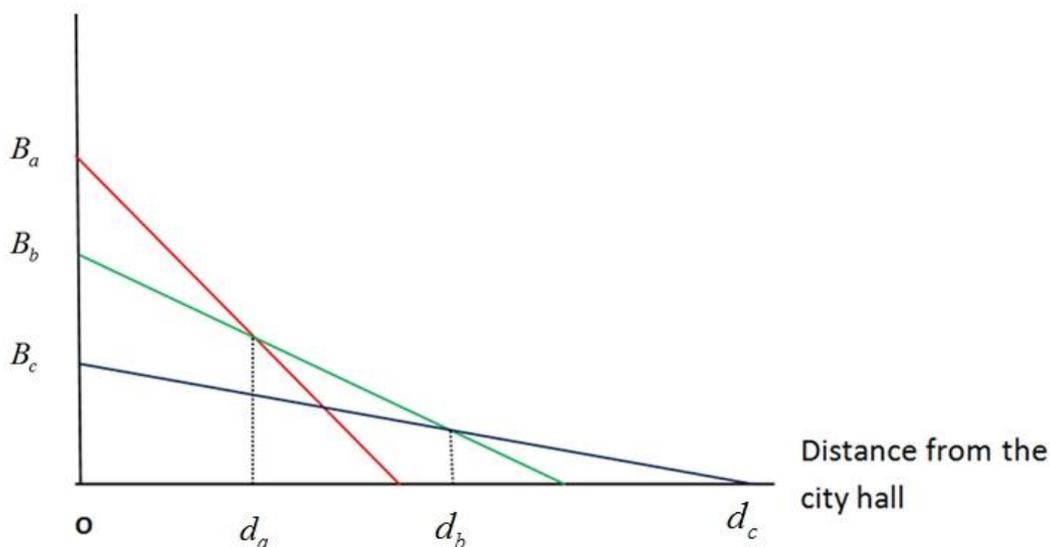
Après avoir présenté une brève histoire des villes ainsi que des éléments prospectifs, il convient maintenant d'apporter un éclairage plus scientifique sur les phénomènes urbains. Les modèles théoriques issus de la littérature économique peuvent aider à mieux comprendre les mécanismes à l'œuvre qui poussent les individus et les entreprises à se concentrer ou au contraire à se disperser. De même, certaines études empiriques s'avèrent très utiles. Elles mettent en exergue certaines régularités qui relient la taille et les caractéristiques internes des villes.

5.1 La modélisation des villes mono-centriques

Von Thünen (1826) est l'un des premiers à avoir proposé un modèle théorique pour expliquer les villes. Dans le modèle en question, les agriculteurs se localisent plus ou moins loin du centre-ville. La disposition à payer des agriculteurs pour l'usage de la terre décroît avec la distance vis-à-vis du centre-ville à cause des coûts de transport (proportionnels au poids des cultures transportées). Or, la valeur des cultures par unité de poids est différente d'une culture à l'autre. Dès lors, certains agriculteurs sont plus disposés que d'autres à payer le coût d'opportunité de se rapprocher du centre-ville où sont vendues toutes les cultures. Il est donc possible de lier les loyers de la terre aux coûts de

transport et de déduire la localisation des agriculteurs. Les cultures les plus productives (par unité de poids) se situent à proximité du centre-ville, et toutes choses égales par ailleurs, ce sont les agriculteurs qui subissent un coût élevé de transport qui choisissent de se localiser à proximité du centre-ville (exemple : coût d'opportunité élevé de se localiser loin du centre-ville pour les produits qui doivent respecter la chaîne du froid). Au Graphique 8, la disposition à payer de l'agriculteur de type a , notée B_a , est supérieure à celle des autres agriculteurs (b et c) pour toutes les zones situées à une distance inférieure ou égale à d_a du centre-ville. L'agriculteur de type b quant à lui détient la disposition la plus élevée (B_b) pour toutes les zones situées à une distance entre d_a et d_b du centre-ville. Enfin, pour toutes zones plus éloignées, c'est l'agriculteur de type c qui a la disposition à payer la plus élevée (B_c).

Graphique 8: Dispositions à payer des agriculteurs en fonction de la distance vis-à-vis du cœur de la ville mono-centrique



À l'équilibre du modèle de Von Thünen, le bénéfice marginal pour les agriculteurs de se localiser plus proche du centre-ville, afin de réduire les coûts de transport, est juste égal au coût additionnel des loyers.

Ce raisonnement, qui consiste à comparer le bénéfice et le coût marginal de se localiser plus ou moins proche du centre-ville est similaire pour les ménages. Le modèle mono-centrique d'Alonso (1964), dans lequel l'ensemble des emplois sont localisés en centre-ville rend justement compte du choix de localisation offert aux ménages. Comme expliqué dans Anas et al. (1998), "L'enchère du ménage $b(x, \bar{u})$ pour la localisation x est égal au maximum de sa disposition à payer par unité d'aire pour un

certain niveau d'utilité donné noté \bar{u} ". Nous avons alors :

$$b(x, \bar{u}) = \max_{z, l} \left[\frac{Y - T(x) - z}{L} \right] \text{ st. } u(z, l) \geq \bar{u}, \quad (1.1)$$

où z est le montant du bien numéraire, L la taille de la zone résidentielle, $T(x)$ le coût de transport pour les résidents qui habitent à une distance x du centre-ville et Y le revenu total des ménages qui doit couvrir l'ensemble des dépenses (coûts de transport, loyers et la consommation du bien numéraire). À l'équilibre, les habitants n'ont plus aucune incitation à s'éloigner ou se rapprocher du centre-ville. En effet, à l'équilibre, les gains en termes de coûts de transport de se rapprocher du centre-ville compensent exactement les coûts additionnels des loyers (qui augmentent avec la proximité vis-à-vis du centre-ville). Nous avons :

$$\frac{db(x, \bar{u})}{dx} = - \frac{T'(x)}{L(y - T(x), \bar{u})} < 0$$

avec $L(y - T(x), \bar{u})$ la fonction, solution du problème de maximisation 1.1, et $T'(x)$ la dérivée première des coûts de transport. Cette équation correspond à la condition de Muth.

Le premier modèle mono-centrique à intégrer les coûts de congestion est dû à Strotz (1965) et Mills (1967). Plus tard, de Lara et al. (2012) ont utilisé un modèle mono-centrique avec prise en compte de la congestion et de l'endogénéité des décisions d'investissement dans le réseau routier. Dans leur modèle, un ménage qui habite à une distance r du centre-ville supporte un coût de transport $\tau(r)$ pour se rendre en centre-ville qui est fonction de la capacité de la route et du nombre de voyageurs. Le coût de transport s'exprime comme suit :

$$\tau(r) = \int_{r_c}^r c \left(\frac{N(x)}{L_T(x)} \right) dx,$$

où $c \left(\frac{N(x)}{L_T(x)} \right)$ représente le coût de transport à la distance x du centre-ville. La fonction de coût c est supposée satisfaire les conditions suivantes $c(w) > 0$, $c'(w) > 0$, et $c''(x) > 0$ quel que soit $w \geq 0$. Le nombre de ménages localisés à une distance x du centre-ville, caractérisé par un rayon fixe r_c , est noté par $N(x)$. De plus, $L_T(x)$ exprime la proportion du territoire alloué au transport (variable de contrôle) dans une zone localisée à une distance x du centre-ville. Ce type de modèle a l'avantage de simuler l'impact de péages routiers sur le niveau de congestion et l'aménagement des territoires.

5.2 L'apport de la Nouvelle Economie Géographique

Dans tous les modèles mono-centriques, la location des entreprises est fixe au centre-ville. L'une des explications possibles réside dans le fait que les entreprises seraient prêtes à payer davantage que les ménages pour se localiser en centre-ville. Les économies d'échelle et de faibles coûts de transport et/ou des économies d'agglomération⁴⁰ sont susceptibles d'expliquer la plus grande disposition à payer des entreprises. Pour les villes dites matures, les effets de la diffusion des connaissances est crucial. Pour certains auteurs, c'est la diversification des industries qui permettrait de maximiser ces externalités, pour d'autres au contraire ce serait la spécialisation des industries (Glaeser, Kallal, Scheinkman & Schleifer, 1991 et Jacobs, 1969).

Selon la Nouvelle Economie Géographique (NEG), les économies d'échelle internes et les coûts de transport sont les éléments fondamentaux pour expliquer les phénomènes de concentration des entreprises et des ménages. En effet, les coûts fixes encouragent les entreprises à concentrer plutôt que disperser leurs activités dans l'espace. Dans le même temps, les entreprises souhaitent aussi un accès le plus direct possible au marché à cause des coûts de transport lié à la distribution des biens. Ainsi, le modèle « cœur-périphérie » (Lafourcade & Thisse, 2011) est particulièrement utile pour comprendre dans quelle mesure les coûts de transports sont à l'origine des forces opposées de concentration et de dispersion. Dans leur modèle, Lafourcade et Thisse (2011) considèrent deux secteurs : le secteur manufacturier et le secteur agricole. Dans le secteur agricole, les rendements sont constants, les travailleurs sont considérés immobiles et les coûts de distribution sont supposés inexistantes. À l'inverse, le secteur industriel se caractérise par des rendements d'échelle croissants. Les travailleurs de ce secteur sont mobiles d'une région à l'autre (entre le centre et la périphérie de la ville). Chaque entreprise industrielle vend un bien différencié en l'absence d'économies de gamme. Les entreprises détiennent alors un pouvoir de marché qui dépend du degré de substitution entre les variétés de biens. Les consommateurs quant à eux ont une préférence pour la variété. En d'autres termes, l'utilité des ménages augmente avec le nombre d'entreprises. L'effet d'une augmentation du nombre de travailleurs du secteur industriel dans une région a un effet plus que proportionnel sur la proportion d'entreprises industrielles car une augmentation du nombre de travailleurs produit de la demande additionnelle pour les entreprises alors que ces mêmes entreprises bénéficient d'économies

⁴⁰ externalités de localisation via les liens entre les producteurs, les fournisseurs et distributeurs, les avantages comparatifs, les externalités de diffusion des connaissances ou *knowledge spillovers* en anglais, etc.

d'échelle (effet du marché local ou « *home market effect* »). En conséquence, un afflux de travailleurs engendre une plus grande spécialisation de la région dans le secteur industriel qui n'est pas ici expliqué par les avantages comparatifs de la théorie classique. De plus, une plus grande concentration des entreprises industrielles entraîne aussi une concurrence exacerbée et des niveaux de prix plus compétitifs (*the strategic effect*). À l'inverse, puisque les entreprises demandent davantage de travail, les salaires nominaux sont amenés à augmenter (l'effet de demande sur le marché du travail ou « *the demand effect on the labor market* »). En conséquence, outre l'augmentation de la variété des biens offerts, cet effet sur le marché du travail incite des individus à migrer vers les zones où la proportion d'entreprises industrielles est la plus forte. Ensuite, cette migration entraîne une augmentation de l'offre de travail, ce qui vient limiter la hausse des salaires nominaux sur le marché du travail (l'effet de l'offre sur le marché du travail ou « *the supply effect* »). Par conséquent, l'effet sur les salaires est indéterminé. Par ailleurs, davantage de compétition dans le secteur industriel réduit la marge des entreprises (« *mark-up* »), ce qui constitue une force de dispersion pour celles-ci. Si les coûts de transport sont suffisamment faibles, toutes les firmes se concentrent dans l'une des deux régions (le centre-ville ou la périphérie). Elles choisissent le centre-ville si elles peuvent disposer d'un accès direct à un important marché. À l'inverse, de faibles coûts de transport permettent aux entreprises de limiter le coût de distribution des marchandises auprès de la classe des travailleurs du secteur agricole.

5.3 Autres forces d'agglomération

Jusqu'à présent, le raisonnement et les modèles présentés n'intègrent ni les liens entre producteurs, fournisseurs et distributeurs, ni l'effet de l'existence des pôles d'emplois, ni les effets de la diffusion des connaissances.

Pourtant, Combes et al. (2012) ont trouvé que pour la France, sur la base des données sur 341 zones d'emplois, entre 1994 et 2002, les entreprises se situant dans les zones denses (en termes de nombres d'emplois par unité d'aire) sont en moyenne plus productives, de l'ordre de 9.7%, que les entreprises se situant dans les zones les moins denses. Parmi les explications possibles, la productivité augmenterait avec le nombre de fournisseurs. C'est en effet le cas si la fonction de production est de type CES comme exprimé ci-après :

$$x = z_0^\alpha \left(\int_0^n z(w)^\rho dw \right)^{\frac{1-\alpha}{\rho}}.$$

La production notée par x est une fonction à rendements constants, avec z_0 le bien homogène et la fonction $z(w)$ décrivant les biens différenciés. L'élasticité du bien homogène est égal à α et la variable

ρ décrit le degré de substitution entre les biens différenciés. Les producteurs ont une préférence pour la variété d'autant plus forte (la productivité augmente avec le nombre de fournisseurs) que les biens intermédiaires sont faiblement substituables.

D'autres modèles seulement basés sur les effets de la diffusion des connaissances permettent aussi de mettre en lumière certains phénomènes de développement urbain. Les entreprises partagent en effet des connaissances qui ne peuvent pas toujours internaliser. Fujita & Thisse (Fujita & Thisse, 1997) ont ainsi montré qu'une structure de ville de type polycentrique pouvait émerger si les coûts de transport sont élevés relativement au degré des effets de diffusion des connaissances entre les firmes (« *knowledge spillovers* »).

Parce que certaines de ces forces d'agglomération sont basées sur des externalités, le niveau de concentration des entreprises n'est généralement pas optimal. Pour Hotelling (1929), les villes sont généralement trop grandes à cause d'externalités négatives non internalisées. À l'inverse, comme le font remarquer Fujita et Thisse (1997), les externalités urbaines ne sont pas nécessairement négatives et il peut exister des rendements croissants. La taille des villes peut donc s'avérer trop réduite.

5.4 La hiérarchie des villes

5.4.1. Distribution des villes par fonction

Certains chercheurs ont aussi tenté d'apporter un éclairage sur des phénomènes plus globaux de spécialisation et de distribution des villes. Christaller (1933) a été l'un des premiers pionniers en la matière. Au travers de la théorie de la place centrale (*the central place theory* en anglais), il a montré que les grandes villes étaient les plus diversifiées et que la distance entre les villes dépendait indubitablement de la taille des villes en question. En effet, les individus choisissent de parcourir de plus longues distances si le lieu de destination leur permet d'atteindre une large variété de biens. Les individus peuvent donc choisir de se rendre dans de grandes villes s'ils veulent acheter des biens non communs qu'ils ne peuvent trouver dans des magasins de proximité. En effet, les marchands locaux ne vendent que des biens du quotidien qui peuvent être achetés très fréquemment par les habitants des alentours. Comme l'a expliqué Reilly par le biais de la loi de gravitation des marchés de détail (*The Law of Retail Gravitation*, 1931), la zone de chalandise d'une ville augmente avec sa taille (ci-après la masse). Le rayon de la zone de chalandise d'une ville s'exprime comme suit :

$$d_{xb} = \frac{d_{ab}}{1 + \sqrt{\frac{P_a}{P_b}}}$$

où d_{ab} désigne la distance entre deux villes indicées par a et b , et d_{xb} le rayon de la zone de chalandise de la ville b qui augmente avec sa masse P_b et décroît avec la masse P_a de la ville a .

À partir du constat que les grandes villes sont relativement éloignées les unes des autres et qu'elles proposent une large variété de biens, la question est maintenant de comprendre les mécanismes à l'œuvre du côté des entreprises les incitant à se concentrer et produire des biens différenciés. Tout d'abord, Hotelling (Stability in Competition, 1929) avec la théorie de la différenciation minimale des produits explique que les entreprises sont amenées à se concentrer pour augmenter la demande potentielle pour leurs produits. En fait, sur la base d'une compétition en prix et d'une fonction de coût de transport quadratique, il a été démontré que les entreprises sont au contraire incitées à se localiser aux extrêmes, c'est-à-dire à être spatialement différenciées (d'Aspremont, Gabszewicz, & Thisse, 1979). Selon la théorie économique, l'incitation des entreprises à se concentrer dépend alors du niveau des coûts de transport relativement à la différenciation des produits. Lorsque les coûts de transport sont très faibles et que les entreprises sont fortement différenciées, les entreprises ont tendance à se concentrer, c'est à dire à être spatialement moins différenciées (de Palma, Ginsburgh, Papageorgiou, & Thisse, 1985). Cela explique pourquoi, à l'inverse, les entreprises qui vendent des biens relativement homogènes, que les individus consomment quotidiennement, sont incitées à se disperser sur l'ensemble du territoire. Ce mécanisme de distribution des entreprises est susceptible de promouvoir des villes de taille moyenne et des petits bourgs. En conséquence, la théorie économique permet de rendre compte d'une certaine hiérarchie des villes en termes de population et de fonction telle qu'exprimée par Christaller. Enfin, selon cette théorie, il est tout aussi naturel d'observer que les villes de petite et moyenne taille sont beaucoup plus nombreuses que les villes de grande taille. En réalité, la distribution de la taille des villes suit une certaine loi statistique (voir la section qui suit).

5.4.2. Distribution de la taille des villes

En 1950, la plus grande ville au monde, la ville de New-York, était peuplée de 12.34 millions d'habitants. Avant que la population totale de Tokyo ne dépasse largement celle de New-York à partir de 1970, le différentiel de population entre la ville de New-York et la ville de Tokyo était relativement réduit au milieu du 20^{ème} siècle. En 2000, Tokyo était deux fois plus peuplée que New-York. Le classement des villes les plus peuplées a ensuite évolué. En 2010, la population totale de Tokyo, de l'ordre de 37 millions d'habitants, n'était plus deux fois plus nombreuse que celle de Delhi,

maintenant classée deuxième dans le classement international.

En outre, en 2010, seulement 3 villes comptaient entre 20 et 30 millions d'habitants, et 16 villes étaient peuplées de 10 à 20 millions d'habitants. Pratiquement toutes les villes chinoises avaient en 2010 une population en deçà des 2 millions d'habitants (UN, 2012). D'après Chan et al. (2008), la proportion de villes moyennes et des villes de petite taille est beaucoup plus importante en Chine que dans le reste du monde. Les auteurs imputent ce phénomène à la très forte centralisation du pouvoir politique et de la planification conduisant à des investissements plus importants dans les zones reculées.

Il est très facile de montrer que la croissance urbaine en Inde et en Chine entre 1990 et 1995 est fortement dépendante de la taille des villes. Certaines villes chinoises ont cru à des taux particulièrement élevés sur la période, de l'ordre de 20% par an, sûrement parce qu'elles ont bénéficié d'un accès immédiat aux voies maritimes mais aussi parce qu'elles ont profité des externalités générées par le développement industriel des plus grandes villes (Chan, Henderson, & Tsui, 2008). De manière similaire, en Inde, la croissance démographique des villes dépend de leur taille. Ces constats confortent les résultats du cabinet McKinsey (Dobbs, Smit, Remes, Manyika, Roxburgh, & Restrepo, 2011) qui estimait qu'entre 2008 et 2025, la croissance de la population dans les villes de taille moyenne devrait être en moyenne supérieure à celle des plus grandes villes, même s'il est important de noter que les trois plus forts taux de croissance seront ceux de très grandes villes (Beijing = 5.5%, Shanghai = 5.2% and Tokyo = 3.3%).

À l'aune de ces observations, notons tout d'abord que certaines villes croissent plus vite que d'autres. Le ratio entre la population totale de la plus grande ville au monde et la population totale de la seconde plus grande ville n'est pas forcément constant au fil du temps. Ensuite, la distribution de la taille des villes diffère fortement d'un pays à l'autre. En d'autres termes, les villes de petite et moyenne taille se développent plus vite dans certains pays que dans d'autres.

Pourtant, malgré ces disparités, les chercheurs ont identifié certaines régularités (Ioannides & Overman, 2003). En moyenne, il a été démontré que le rang d'une ville au logarithme (classement en fonction du nombre d'habitants) est une fonction linéaire de la taille de la ville (en termes de nombre d'habitants). Cette relation mathématique s'exprime comme suit :

$$\log r(S) = \log A - \xi \log S, \quad (1.3)$$

où S est la taille de la ville, $r(S)$ le rang de la ville de taille S , A est une constante positive, et ξ est l'élasticité du rang par rapport à la taille de la ville. La loi telle qu'exprimée ci-dessus correspond à la loi de Zipf quand ξ est égal à 1. La variable s_t^i exprime la taille normalisée de la ville indiquée i à la date t , c'est-à-dire, la population totale de la ville i à la date t divisée par la population totale urbaine à la date t ($\sum_i s_t^i = 1, \forall t$). Gabaix (1999) a montré que si les villes croissent à un taux aléatoire de même espérance et de même variance, indépendamment de la taille de la ville (loi de Gibrat), à l'équilibre, la loi de Zipf est vérifiée et peut se réécrire comme suit :

$$G(s) = \frac{a}{s^\xi}, \text{ with } \xi = 1, \quad (1.4)$$

avec $G(s)$ la fonction de distribution contre-cumulative⁴¹, s la taille normalisée des villes et a une constante positive. La fonction de distribution contre-cumulative de la taille des villes suit une loi puissance. En d'autres termes, la probabilité de trouver des villes dont la population totale est supérieure à un certain niveau de plafond diminue avec le niveau de ce plafond : il y a beaucoup plus de villes de petite taille que de villes de grande taille. En appliquant le logarithme à l'Equation 1.4, on déduit la loi de « rang-taille » telle qu'énoncée à l'Equation 1.3, avec une pente égale à -1 pour obtenir la loi de Zipf ($\xi = 1$). Comme illustré au Graphique 9, cette loi de Zipf a été vérifiée d'un point de vue empirique puisque lorsqu'on régresse le rang des villes pris au logarithme sur le logarithme de la taille des villes, la pente de la droite linéaire est estimée à environ -1⁴². Si l'on considère maintenant l'Equation 1.3, avec A normalisé à la population de la plus grande ville (S_{max}), et ξ calibré à l'unité, la taille d'une ville est en moyenne égale à la population de la plus grande ville divisée par le rang de la ville en question.

$$S = \frac{S_{max}}{r(S)}$$

Cette dernière équation implique que le ratio entre la population totale de deux villes indicées i et j est égal à l'inverse du ratio entre les rangs des villes en question. Nous avons :

$$\frac{S_i}{S_j} = \frac{r(S_j)}{r(S_i)}$$

où S_i et $r(S_i)$ désignent respectivement la population et le rang de la ville indiquée i ($\forall i \neq j$).

Avec la loi de Zipf, exposée à l'Equation 1.4, la distribution de la taille des villes suit une loi puissance ou une distribution de Pareto. La première explication est que chaque industrie suit une distribution de Pareto, sachant que la somme de distributions de Pareto suit aussi une distribution de Pareto.

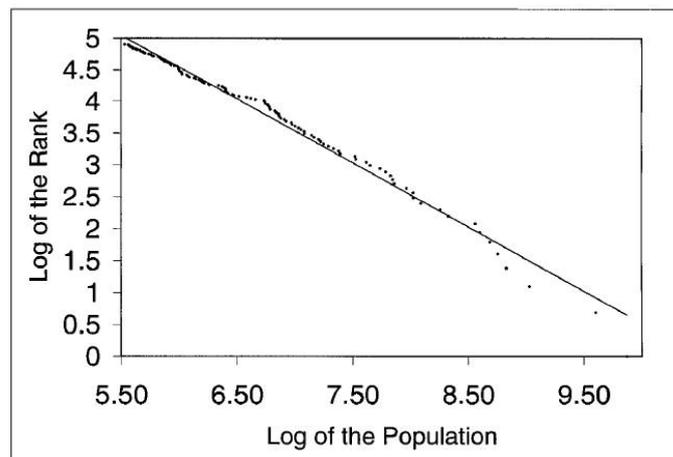
⁴¹ $1-F(s)$, avec $F(s)$ la fonction de distribution cumulative

⁴² les points observés sont tous à proximité de la droite prédite

La loi de Zipf admet tout de même certaines limites car pour quelques paramètres de ξ issus de l'Equation 1.4, la distribution de la taille des villes peut se caractériser par une moyenne et une variance non finies ou alors par une moyenne finie mais par une variance non finie (Newman M. E., 2005). De plus, le taux de croissance et la variance des villes peuvent dépendre de la taille des villes, ce qui contredit la loi de Gibrat (Gabaix, 1999). Encore plus problématique, il n'est pas non plus évident que les taux de croissance de toutes les villes suivent la même distribution. Ioannides et Overman (2003) montrent qu'avec un intervalle de confiance de 95 %, la loi de Gibrat et donc la loi de Zipf ne peuvent pas être rejetées pour de nombreuses villes. Néanmoins, il apparaît que les villes de petite taille croissent en moyenne plus rapidement avec un intervalle de confiance plus réduit, ce qui laisse penser que les petites villes rattrapent les plus grandes.

Graphique 9: La loi de rang-taille pour les 135 plus grandes agglomérations américaines en 1991.

Source: Gabaix (1999)



6 Les enjeux des politiques publiques

La croissance du taux d'urbanisation dans la plupart des pays du monde devrait permettre à des individus d'augmenter leur niveau de vie. Ce phénomène constitue malgré tout un enjeu pour les décideurs. Ceux-ci devront entre autres maîtriser les besoins d'accès aux infrastructures de réseaux et limiter les externalités négatives (pollution, étalement urbain, etc.).

6.1 La gestion et le développement soutenable des villes

Plusieurs définitions de soutenabilité ont été proposées. La plus souvent citée est due à Brundlandt (1987) :

« le développement durable est un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre à leurs propres besoins ».

Afin de mettre en place des politiques dites soutenables, les économistes considèrent généralement que les décideurs doivent avoir une préférence intergénérationnelle, des préférences sociales⁴³ et doivent internaliser les externalités négatives et positives créées par la ville (au niveau régional, national et international) (Proost & van der Loo, 2013). La fonction de bien-être des décideurs, utile pour comparer plusieurs alternatives, devrait par exemple intégrer l'impact d'une politique sur les migrations inter-villes et les externalités négatives de la pollution atmosphérique supportées par les autres villes (exemple : coûts liés à l'élévation du niveau de la mer et coûts d'accueil des réfugiés climatiques). Il est plus généralement nécessaire et indispensable d'anticiper la trajectoire de croissance des villes et construire de réelles politiques de développement urbain afin de contrecarrer des développements excessifs ou au contraire encourager la concentration des ménages et des entreprises.

Malheureusement, il semble raisonnable de penser que les décideurs ne sont pas tous incités à mettre en œuvre des politiques soutenables de gestion et de développement des villes. En effet, les décideurs peuvent avoir une incitation à satisfaire les électeurs, attirer les entreprises, les ménages et les investisseurs. La compétition effrénée entre les villes qui en résulte ne semble pas toujours optimale.

Certaines urgences économiques, sociales et environnementales doivent être traitées au travers de politiques adaptées. Trois axes majeurs de politiques publiques peuvent être identifiés : les politiques de transport, les politiques d'aménagement des territoires et les politiques sociales. Ces grands axes ont pour objectif de répondre aux problèmes de congestion et de pollution, d'étalement urbain, d'inégalités des revenus, d'exclusion sociale et d'accès aux infrastructures.

En particulier, les politiques sociales sont utiles pour fournir des biens et/ou services publics répondant à des besoins de santé et d'éducation. Les décideurs politiques peuvent aussi vouloir réduire les inégalités croissantes de revenus. Aux États-Unis, ces inégalités ont augmenté avec la taille des villes dans les années 1970 (Long, Rasmussen, & Haworth, 1977)⁴⁴. Le niveau d'inégalité

⁴³ c'est-à-dire considérer les problèmes d'équité au sein de la population

⁴⁴ La courbe de Kuznets qui indique que les inégalités de richesse augmentent puis diminuent avec les revenus permet d'expliquer ce phénomène. En effet, les inégalités de revenus devraient augmenter en tout cas dans un premier temps

de richesse entre individus a pourtant des effets néfastes, comme sur le niveau de criminalité (Thorbecke & Charumilind, 2002). Ces résultats confirment ceux de Bettencourt et al. (2007) qui avaient conclu à une élasticité négative entre le niveau de criminalité et la taille des villes.

Les frontières entre les politiques de transport, d'aménagement du territoire et les politiques sociales sont éminemment poreuses. Des collaborations semblent nécessaires en vue de construire une politique globale cohérente. Un arbitrage entre différents objectifs peut-être requis dans la mesure où les ressources naturelles et financières sont limitées. Les décisions prises dépendront alors des préoccupations premières des décideurs publics et de la pondération de chaque objectif entrant dans la fonction de bien-être collectif (Hediger, 2000).

En tout état de cause, les décisions prises ne peuvent seulement dépendre d'indicateurs économico-financiers comme le revenu par habitant dans la mesure où le concept de soutenabilité suppose d'évaluer diverses situations sous l'angle économique, social et environnemental.

6.1 La problématique spécifique de l'étalement urbain

À l'échelle de l'individu, il est possible d'observer certaines régularités. Par exemple, la part des dépenses de transport dans le budget total des ménages semble constante au fil du temps (Schafer, 2000). De même, les temps de trajet évoluent peu, autour d'une heure par jour. D'après Marchetti (1994) cette régularité pourrait par exemple trouver sa source dans l'instinct casanier des humains, pour qui, historiquement, le temps passé en dehors de la « grotte » ne dépassait pas une heure par jour⁴⁵. L'augmentation des vitesses de trajet aurait alors promu l'étalement urbain.

Si l'on retrouve des régularités au niveau de l'individu, il est donc tout aussi naturel de trouver des régularités au niveau des villes, de leur structure et de leurs caractéristiques propres. Ces régularités sont bien souvent exprimées sous forme de lois puissance. En particulier, un certain nombre de corrélations existent entre la taille et les caractéristiques internes des villes telles que la consommation d'énergie, les dépenses en infrastructure, le revenu par habitant, et les niveaux de criminalité.

avec l'augmentation de la taille des villes sous la condition que les revenus par habitant augmentent avec la taille des villes.

⁴⁵ D'autres théories sont susceptibles d'expliquer cette régularité

Bettencourt (2007) a par exemple identifié des lois puissance mettant en relation la taille et de nombreuses caractéristiques des villes. Ces lois s'expriment généralement sous la forme suivante :

$$Y(t) = Y_0 N(t)^\beta \text{ avec } \beta \geq 0, \quad (1.2)$$

où $N(t)$ désigne la taille de la ville à la date t , $Y(t)$ la caractéristique en question à la date t (revenu par habitant par exemple), et Y_0 une constante à normaliser. Si le paramètre estimé est égal à 1, la caractéristique et la taille de la ville évoluent dans les mêmes proportions : la valeur de la caractéristique en question augmente de 1% si la population totale de la ville croît de 1%.

Parmi les régularités observées, l'étalement urbain semble être fortement corrélé avec la taille des villes (Fuller & Gaston, 2009). En l'occurrence, Marshall (2007) a trouvé que pour les villes américaines le scalaire était de 2, c'est à dire que l'aire urbaine augmente de 2% lorsque la population totale de la ville croît de 1%. La densité urbaine diminue donc avec la taille des villes. En particulier, lorsque la taille de la ville augmente en moyenne de 1%, la densité urbaine diminue de 1%. Fuller and Gaston (2009) ont aussi montré que les grandes villes ne font pas partie des villes les plus denses.

Le modèle de la ville mono-centrique ne peut pas mettre en exergue le phénomène observé de l'étalement urbain. En effet, dans ce cadre conceptuel où tous les emplois sont localisés au centre-ville, la densité des villes augmente avec leur taille. C'est donc la structure polycentrique des villes qui pourrait expliquer pourquoi les grandes villes ne sont pas nécessairement les plus denses. Dans une ville polycentrique, plusieurs pôles d'emploi se répartissent dans différentes zones urbaines (au centre-ville et en périphérie). Dès lors, pour identifier la structure des villes, il convient d'estimer la densité des emplois et de la population dans les zones plus ou moins éloignées des centres-villes. D'après Clark (1951), la densité urbaine peut s'exprimer comme une loi exponentielle en fonction de la distance vis-à-vis du centre-ville. Nous avons :

$$D(r) = Ae^{-\gamma r},$$

où $D(r)$ désigne la densité urbaine à la distance r du centre-ville, γ le gradient de densité, et $A = D(0)$ la densité urbaine au centre-ville. La population totale à la distance r du cœur de la ville est naturellement égale à la densité urbaine multipliée par la surface. La population cumulée à la distance r du centre-ville, notée $P(r)$, s'exprime comme suit :

$$P(r) = 2\pi \int_0^r rD(x) dx.$$

Un gradient de densité positif indique que la densité urbaine décroît avec la distance vis-à-vis du

centre-ville. Le gradient de densité diminue donc avec l'étalement urbain (Muth, 1969; Mills, 1972). En outre, le gradient de densité diffère entre les ménages et les entreprises. Cet indicateur est généralement plus élevé pour les entreprises que pour les ménages, ce qui signifie que les entreprises sont généralement localisées plus proches du centre-ville que ne le sont les ménages. Les entreprises suivraient alors la migration des ménages du centre-ville vers la périphérie (Mieszkowski & Mills, 1993)⁴⁶.

Quelles que soient les raisons, comme la diminution des coûts de transport ou de meilleures conditions de vie à l'extérieur des villes, les ménages pris individuellement peuvent être incités à habiter en périphérie des villes. Naturellement, d'autres éléments plus contextuels et temporaires sont aussi à même d'expliquer un certain nombre de phénomènes migratoires et des bouleversements dans l'aménagement des territoires.

Collectivement, l'étalement urbain, à cause des défaillances de marché, est source de gaspillage et de sous-optimalité (Brueckner, 2000). En premier lieu, les voyageurs ne supportent pas le coût social de congestion. En effet, le coût de transport (privé) n'intègre pas l'ensemble des coûts générés pour les autres voyageurs. En deuxième lieu, les prix dans le secteur de l'immobilier sont généralement sous-évalués car ils n'incluent pas l'ensemble des bénéfices des aménités environnementales et des espaces dits ouverts⁴⁷. En troisième lieu, le coût en infrastructure lors de la construction de logements supplémentaires est égal au coût moyen et non au coût marginal. Par conséquent, le coût des infrastructures de constructions supplémentaires est souvent sous-évalué.

De ce point de vue, la crise immobilière a semble-t-il été particulièrement néfaste du point de vue de l'aménagement des territoires aux États-Unis. En effet, l'expansion puis l'explosion de la bulle immobilière a considérablement impacté la structure des villes américaines. Entre 2004 et 2007, les résidents ont eu un accès très facilité aux crédits. Les villes se sont alors développées et étendues très rapidement. Inévitablement, entre 2008-2009, les défauts de paiement ont augmenté suite au passage à des taux variables et à la hausse inévitable des saisies immobilières. Le nombre de logements vacants dans nombre de villes américaines (entre autres en Floride et dans le Nevada) a donc subi une

⁴⁶ La décentralisation ensuite des emplois produit des villes de plus en plus polycentriques rendant alors la tâche plus difficile d'estimer le gradient de densité vis-à-vis de plusieurs centres urbains (Small & Song, 1994).

⁴⁷ En particulier, d'après Brueckner (Urban sprawl: diagnosis and remedies, 2000), "*open space provides city dwellers with an easy escape from the frenetic urban scene and a chance to enjoy nature. Such open-space benefits, however, are not taken into account when land is converted to urban use.*"

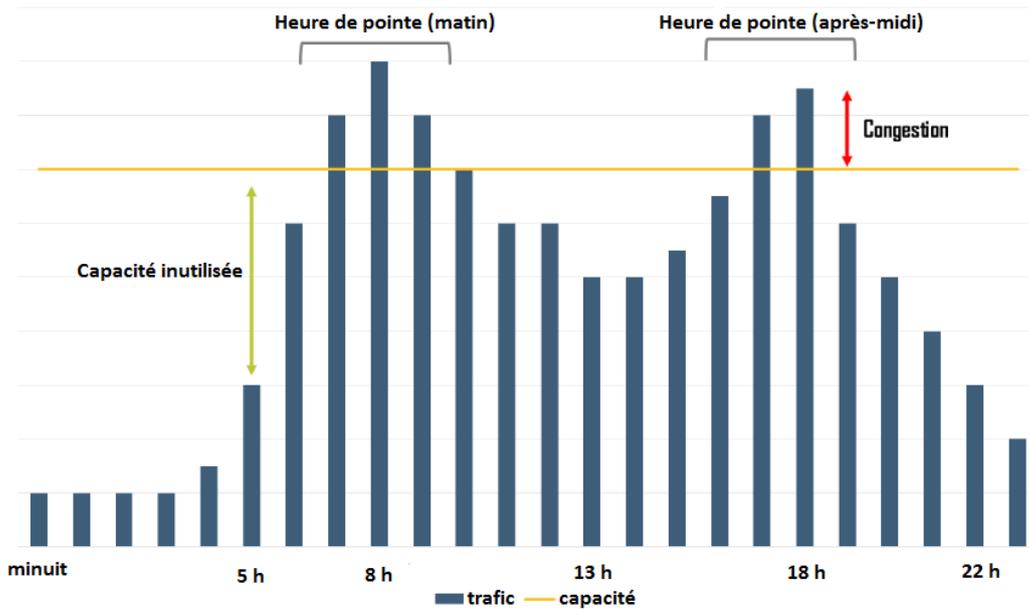
forte hausse. *Ex-post*, ces villes sont étendues alors que paradoxalement de nombreuses habitations ne trouvent toujours pas de repreneurs. A l’opposé, d’autres villes semblent avoir bénéficié des nouveaux flux migratoires causés par la crise immobilière. Les nouvelles constructions dans ces villes hôtes ne semblent globalement pas optimales du point de vue du bien-être collectif puisque les bénéfices de ces villes doivent être comparés aux coûts des villes qui perdent des résidents. Il serait dès lors intéressant d’avoir une analyse plus globale, à une échelle nationale, afin d’évaluer la pertinence de la construction de nouvelles habitations dans la région du Texas par exemple. En effet, les villes hôtes ont besoin de construire de nouvelles infrastructures coûteuses, de détruire des espaces verts et autres espaces ouverts, alors que dans le même temps d’autres villes pâtissent d’une proportion élevée de logements vacants et d’une sous-utilisation des infrastructures (réseaux routiers, électriques, eaux, télécommunications).

6.2 Les problématiques spécifiques dans le secteur du transport

Dans les transports, la demande est largement conditionnée par la taille du marché (nombre d’utilisateurs) et la demande de transport par utilisateur au cours de la journée. Pour éviter toute congestion sur les réseaux de transport (collectifs ou individuels), le dimensionnement des infrastructures de transport doit idéalement se calibrer sur le pique de demande. En fait, il n’apparaît pas toujours optimal de dimensionner la capacité du réseau en fonction des piques de demande. En effet, sans considérer les potentielles externalités extra-sectorielles, d’un point de vue du bien-être collectif, il semble optimal de diminuer la capacité du réseau tant que le coût marginal de congestion est inférieur au bénéfice marginal de la diminution du coût moyen.

Typiquement, comme illustré au Graphique 10, les réseaux de transports sont généralement congestionnés le matin entre 7h et 10h ainsi que le soir vers 17h-18h. En dehors de ces heures pleines, les réseaux sont surdimensionnés.

Graphique 10 : Fluctuation de la congestion dans les transports



La congestion est une problématique majeure dans la plupart des grandes villes à cause des temps de trajet rallongés et des problèmes environnementaux liés au réchauffement climatique. Aux États-Unis, la congestion a cru dans la plupart des grandes villes entre 1982 et 2011. Par exemple, en 2011, le temps passé dans les embouteillages par voiture à Washington DC et Phoenix a atteint respectivement 67 h et 35 h (Texas A&M Transportation Institute)⁴⁸.

Le niveau de congestion peut s'expliquer par la structure plus ou moins mono-centrique (*versus* polycentrique) des villes. La congestion est en effet davantage susceptible d'augmenter avec le nombre d'habitants dans les villes mono-centriques car tous les emplois sont localisés en centre-ville. L'élévation de la congestion en centre-ville incite ensuite certains résidents à vivre en périphérie des villes ou bien se localiser dans des villes de taille moyenne.

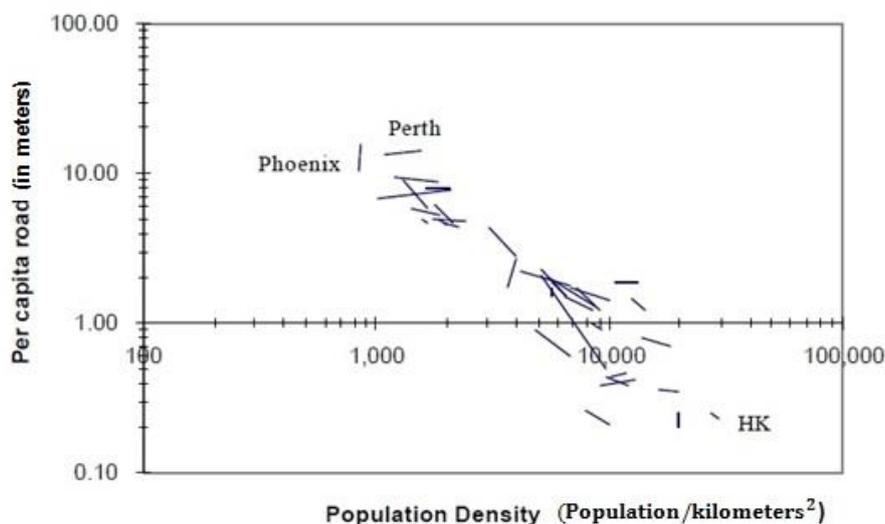
À partir de nombreuses observations sur les villes mondiales (Ingram, 1999), il est possible de montrer que la densité des infrastructures routières (la longueur des routes par kilomètre carré) est approximativement constante. Cela s'explique par le coût très élevé d'opportunité de construire de nouvelles routes dans les milieux urbains.

Le plafond de la densité des réseaux routiers dans les villes est estimé à environ 23 km par kilomètre carré. Par conséquent, même si la population des villes augmente, la densité du réseau routier en

⁴⁸ <http://mobility.tamu.edu/ums>

milieu urbain est plafonnée. La longueur du réseau routier par habitant (exprimée en mètres) est alors négativement corrélée avec la densité urbaine (exprimée en nombre d'habitants par kilomètre carré). Comme illustré au Graphique 11, si la densité urbaine augmente de un pourcent, la longueur des routes par habitant décroît dans la même proportion (de un pourcent). Bettencourt (2007) a aussi montré que les routes ne se développent pas dans les mêmes proportions que la taille des villes.

Graphique 11: Variation de la longueur des routes par habitant. Source : Ingram (1999)



En moyenne, la congestion augmente donc avec la taille des villes. Entre 1982 et 2011, la congestion a augmenté dans l'ensemble des agglomérations américaines, mais beaucoup plus dans les villes de grande taille. Dans les grandes villes, le nombre d'heures passées par habitant dans les embouteillages a augmenté de 33h et de seulement 14h dans les villes de petite taille. Ainsi, en 2011, le temps moyen d'embouteillage des plus grandes villes américaines a atteint 52h par automobile, alors qu'il n'était que de 28h pour les villes moyennes et à peine de 21h pour les villes de petite taille (Texas A&M Transportation Institute).

Il est important de noter que le coût de la congestion ou inversement le bénéfice social d'une diminution des temps de trajet sont distribués en fonction des catégories de véhicules (exemple : les véhicules d'urgence). C'est la raison pour laquelle les États choisissent entre autres sur les réseaux routiers de donner un accès prioritaire à certaines catégories de véhicules (utilisation de gyrophares et des bandes d'arrêt d'urgence, etc.). En France par exemple, comme énoncé dans l'article R415-12

du code de la route⁴⁹, les usagers ont l'obligation, sous peine d'une amende et d'un retrait de quatre points sur leur permis de conduire, de céder le passage aux véhicules d'intérêt général (police, SAMU, etc.).

Afin de mieux maîtriser la congestion et la pollution atmosphérique dans les villes, d'autres solutions comme les péages urbains apparaissent (Raux et Andan 2002). Malgré tout, la tarification de l'accès aux infrastructures des réseaux routiers n'est jamais laissée à la seule discrétion du marché. L'État, outre l'objectif de répondre à des besoins spécifiques (congestion, temps de trajet trop longs, pollution atmosphérique, etc.) a toujours pour but de protéger l'intérêt des consommateurs via des prix compétitifs et d'assurer la libre circulation des personnes sur l'ensemble du domaine public⁵⁰. La loi n°2010-788 du 12 juillet 2010⁵¹ autorisant l'expérimentation de péages urbains pour les agglomérations de plus de 300 000 habitants semble constituer une entorse au principe de liberté et de gratuité de circulation. En effet, à la différence des autoroutes, avec les péages cordon, aucune autre route gratuite n'est mise à disposition des usagers pour circuler dans le domaine public (ici pour se rendre au centre-ville). En fait, des transports collectifs de substitution à la voiture sont obligatoirement proposés aux conducteurs afin d'assurer une liberté de circulation.

Il convient ainsi de noter que les politiques de transport n'ont pas seulement pour objectif de diminuer les temps de trajet. Les politiques de transport visent aussi à privilégier des modes de transports durables qui doivent être en accord avec les problématiques sociales et environnementales telle que la pollution atmosphérique (externalités extra-sectorielles et extra-régionales). Dès lors, même si le coût d'opportunité de densifier des réseaux routiers était suffisamment faible, il ne serait pas forcément optimal d'investir encore davantage dans les réseaux routiers des villes les plus denses

49

<https://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do?cidTexte=LEGITEXT000006074228&idArticle=LEGIARTI000006842252&dateTexte=20160327>

⁵⁰ Aussi, la loi du 18 avril 1955 qui autorise les péages autoroutiers en France peut sembler en contradiction avec les principes de liberté et de gratuité de circulation datant de la fin de l'Ancien Régime. En fait, le prix des autoroutes concédées en France est régulé par l'État, de plus, les automobilistes ont toujours la possibilité d'utiliser les routes nationales pour se déplacer sur l'ensemble du territoire. En d'autres termes, les nouvelles voies de circulation rapides (autoroutes) n'ont pas engendré une dégradation de la qualité de service sur les autres routes (routes nationales et départementales) et elles laissent toujours la possibilité aux individus de se déplacer librement sur l'ensemble du territoire.

51

https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexteArticle.do;jsessionid=27956E2210846D16875767658CD2E92C.tpdjo06v_3?idArticle=JORFARTI000022470943&cidTexte=JORFTEXT000022470434&dateTexte=29990101&categorieLien=id

pour réduire la congestion.

Les expériences passées ont en effet montré que les investissements dans les infrastructures routières réduisent mécaniquement le niveau de congestion mais incitent aussi d'autres individus à choisir la voiture individuelle comme mode principal de transport. Aux États-Unis par exemple, les lourds investissements dans les réseaux routiers à partir des années 1950 ont promu l'utilisation de la voiture individuelle au détriment des transports en commun et favorisé l'étalement urbain.

En effet, en plus d'agir sur les choix modaux, les politiques de transport agissent aussi sur la structure des villes. En effet, à long terme, les politiques de transport modifient le niveau d'accessibilité des zones géographiques et influent sur les incitations de localisation des ménages et des entreprises. Des politiques spécifiques de transport peuvent donc être utiles pour réduire l'étalement urbain⁵².

Inversement, certaines politiques d'aménagement conduisent à promouvoir certains types de transport. La structure de la ville de Brasilia, telle que pensée par Lucio Costa et Oscar Niemeyer, construite majoritairement entre 1956 et 1960, a très largement privilégié l'usage de la voiture au détriment des transports en commun⁵³. Même si de nombreux bâtiments incorporent des services diversifiés, globalement, la ville est divisée en différentes zones spécialisées, l'usage de la voiture étant centrale pour aller d'une zone à une autre. La ville idéale, telle que les décideurs pourraient l'envisager à l'heure actuelle, correspond plutôt à une grande agglomération, incorporant des espaces verts, avec une vie sociale très riche, et où différentes zones denses très diversifiées s'interconnectent par le biais de transports en commun.

Pour résumer, la politique de dimensionnement des infrastructures routières ne peut être qu'intra-sectorielle dans la mesure où les transports individuels créent des externalités négatives. Au contraire, la sous-capacité des routes à supporter les pics de demande (congestion) peut être, dans une certaine mesure, une opportunité puisqu'elle incite au changement modal des individus de la voiture particulière vers les transports en commun. Une politique active d'investissement dans les transports

⁵² voir les modèles dits LUTI pour « *land use and transport integration models* » par exemple de la Barra 1989 et Wegener 2004

⁵³ “*Brasília's urban sprawl with low-density occupation and car dependency make sustainable types of transportation quite hard to implement given the long distances between most residential and commercial areas*” https://jscholarship.library.jhu.edu/bitstream/handle/1774.2/34443/Proposal_Marcia%20Oliveira_final.pdf Improving Urban Transportation through the European Experience: The Case of Brasília, Brazil (2010)

publics, spécifiquement dans les zones denses, est alors un prérequis.

Dans les zones à faible densité, la problématique du basculement modal en faveur des transports en commun semble plus complexe.

Il a notamment été démontré que l'usage de la voiture (volume total d'heures parcourues par l'ensemble des automobilistes) est négativement corrélé avec l'intensité de l'activité (nombre total de personnes et d'emplois par kilomètre carré). Comme illustré au Graphique 12, pour les 58 agglomérations les plus riches au monde, le coefficient β de la loi puissance exprimée ci-après est estimée à -0.6612 :

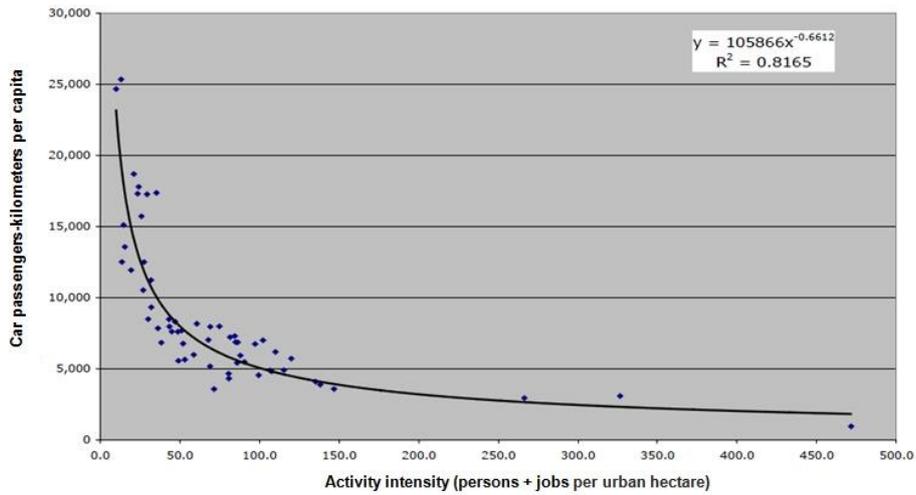
$$y = y_0 x^\beta$$

où y est l'indicateur de l'usage de la voiture, y_0 une constante positive et x l'intensité de l'activité⁵⁴. Avec un coefficient β de -0.6612, l'usage de la voiture décroît donc de 0.66% pour toute augmentation de 1% de l'intensité de l'activité.

Ainsi, pour une densité très faible (vs. élevée), la voiture (vs. transport public) est le mode de transport le plus privilégié (voir Graphique 13). Newman et Kenworthy (1999) confirment aussi que l'usage du transport public augmente concomitamment avec la densité urbaine. Comme illustré au Graphique 14, la moitié des ménages utilisent les transports publics dans les villes les plus denses d'Asie. À l'opposé, les citoyens en Amérique du Nord et en Australie préfèrent majoritairement la voiture individuelle pour se déplacer ; seulement 10% d'entre eux choisissent les transports publics.

⁵⁴ Au dénominateur, les zones urbaines incluent “*residential, commercial, industrial land, local parks and open spaces, plus roads and any other urban land uses, and excludes large areas of undeveloped land etc.*” Newman & Kenworthy (Urban design to reduce automobile dependence, 2006)

Graphique 12 : L'usage de la voiture en fonction de l'intensité de l'activité. Source : Newman & Kenworthy (2006)

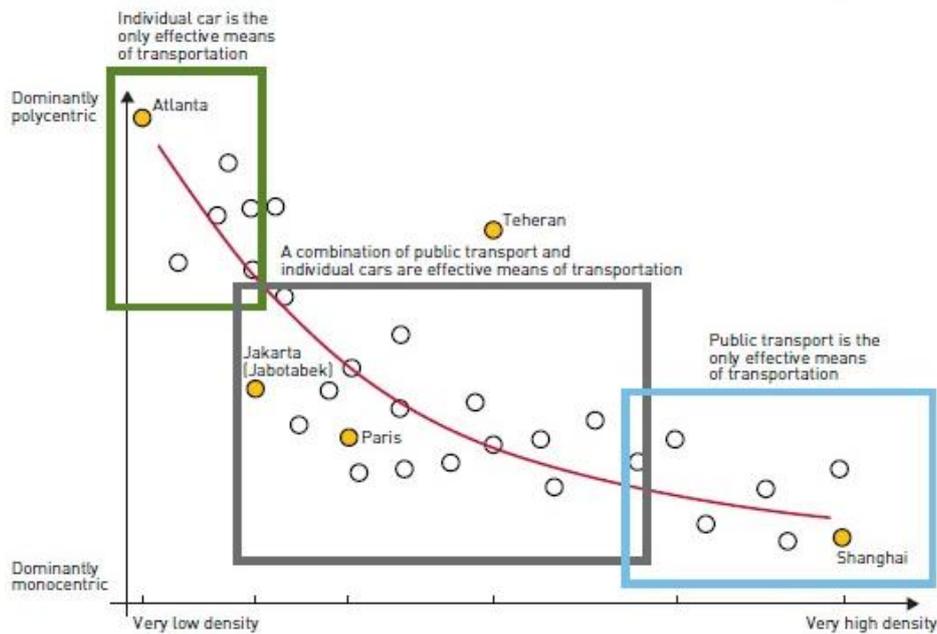


Graphique 13 : Le choix modal en fonction de la densité des villes aux États-Unis. Source : Bertaud & Malpezzi (2003)

Global urban density	Low < 25 hab/ ha	Medium 50 – 100 hab / ha	High > 250 hab+/ ha
Modal distribution	MPT: 80% PT: 10% NMT: 10%	MPT: 50% PT: 25% NMT: 25%	MPT: 25% PT: 50% NMT: 25%
Automobile use (km / pers / yr)	> 10 000		< 5 000
Public transport use (trips / pers / an)	< 50		> 250
Petrol consumption for transport (MJ / pers / an)	> 55,000	35,000 – 20,000	< 15,000
Representative positions	North American and Australian cities	European cities	Asian cities

MPT: Motorized Private Transport; PT: Public Transport; NMT: Non-Motorized Transport.
Density: Number of inhabitants and jobs per hectare of net urban surface (omitting green and water surfaces)

Graphique 14 : la typologie des villes en fonction de la densité urbaine. Source : Newman & Kenworthy (2006), and cited in Lefèvre (2010)



L'usage relativement important de la voiture, au détriment des transports publics, dans les zones à faible densité peut s'expliquer pour deux raisons. D'une part, le faible niveau de congestion dans les villes à faible densité n'incite pas les individus à privilégier des modes de transport alternatifs (transport public, deux-roues, vélo, marche à pieds). D'autre part, l'offre de transport en commun est forcément réduite dans les zones à faible densité car le coût moyen est d'autant plus élevé que la densité urbaine est faible. Seules les villes les plus denses peuvent être en mesure de proposer des transports publics coûteux à l'investissement. Un minimum de densité urbaine semble en effet nécessaire en vue de développer certains transports publics tels que des lignes de métro et des trains de banlieue (Cervero & Guerra, 2011).

Malgré ces contraintes économiques, relatives au coût de déploiement et de couverture des zones de faible densité, la couverture des espaces par les transports publics, au travers d'un mixte technologique (métro, train, bus, etc.), constitue non seulement un enjeu environnemental mais aussi sociétal : un enjeu environnemental tout d'abord, car les automobilistes n'internalisent généralement pas l'ensemble des effets de leur choix modal sur la congestion et la pollution atmosphérique, un enjeu sociétal ensuite, car les décideurs politiques ont *a priori* pour soucis de réduire l'exclusion sociale au travers d'une politique active de promotion de l'accessibilité dans le domaine des transports.

Pour résumer, une politique de transport⁵⁵ est particulièrement utile pour réduire la congestion et l'exclusion sociale, limiter les impacts de la pollution atmosphérique ainsi que pour contrecarrer l'étalement urbain.

7 Quels enseignements pour la régulation des télécommunications ?

L'étalement urbain dans le cadre de villes mono-centriques est préoccupant pour plusieurs raisons, d'une part, il conduit à la destruction d'espaces potentiellement créateurs d'externalités positives, d'autre part, il engendre un coût d'opportunité pour les infrastructures de réseaux. Lorsque l'étalement urbain est couplé à une élévation du taux d'urbanisation, la couverture des infrastructures telles que dans les télécommunications devient « excessivement » coûteuse. En outre, eu égard aux principes et politiques dans le domaine des transports, certains enseignements peuvent être tirés pour la régulation dans le secteur des télécommunications.

7.1 L'étalement urbain et la problématique de l'investissement et du déploiement des infrastructures

La problématique de l'investissement dans les infrastructures est une question complexe. D'un point de vue purement économique, le déploiement d'infrastructures (énergie, transport, eau, télécommunications) requiert en effet de supporter d'importants coûts fixes. Le coût par usager est donc *a priori* plus élevé dans les régions à faible densité que dans les régions à forte densité. Or, les analyses précédentes relatives aux phénomènes urbains mettent en évidence deux tendances principales : une augmentation du taux d'urbanisation et une tendance à l'étalement urbain (la densité urbaine diminue avec la taille des villes).

Tout d'abord, la tendance à la hausse du taux d'urbanisation devrait accroître la proportion des ménages et entreprises ayant accès aux réseaux fixes de télécommunications.

Ensuite, une hausse du taux d'urbanisation signifie aussi une élévation du coût moyen de déploiement des infrastructures dans les zones rurales. La couverture homogène des territoires en infrastructure

⁵⁵ Par exemple : prix cordon, zonage, investissements dans les transports en commun, etc.

devrait donc constituer un enjeu sociétal de plus en plus important dans nombre de pays. Consécutivement, le défi pour les décideurs est bien d'optimiser la péréquation des coûts entre les zones urbaines et les zones rurales. Or, cette problématique est accentuée par le fait que les citoyens ont tendance à préférer les zones urbaines moins denses aux zones urbaines très denses (villes de taille moyenne et périphéries des grandes villes). Cette tendance entraîne inévitablement un coût d'opportunité sur le marché fixe des télécommunications par exemple : le coût moyen pourrait être plus faible dans les villes si la densité urbaine ne diminuait pas concomitamment avec l'augmentation de la taille des villes. En d'autres termes, la péréquation des coûts entre les zones urbaines et les zones rurales n'est pas maximale, alors même que cette péréquation⁵⁶ est d'autant plus indispensable que le taux d'urbanisation continue d'augmenter.

Par conséquent, la nécessité de l'intervention étatique dans le secteur des télécommunications entre autres devrait s'accroître dans les années à venir, l'objectif étant d'assurer un accès équitable des populations aux réseaux fixes de télécommunications. L'enjeu est d'inciter les acteurs privés à conduire de nouveaux investissements en THD⁵⁷ sur l'ensemble du territoire, de limiter les dépenses publiques, tout en promouvant un environnement concurrentiel. Lesdits enjeux et réponses font l'objet d'un développement plus spécifique au chapitre suivant dans l'Essai 1 et Essai 2.

7.2 La transposition des politiques de transport au secteur des télécommunications

Dans le secteur des télécommunications, le trafic de données a cru ces dernières années à des rythmes effrénés, nécessitant des investissements constants dans les réseaux. L'augmentation du trafic transitant sur Internet s'explique par l'augmentation du taux de pénétration d'Internet dans les pays nouvellement industrialisés mais surtout par l'augmentation du trafic de données par utilisateur⁵⁸. En

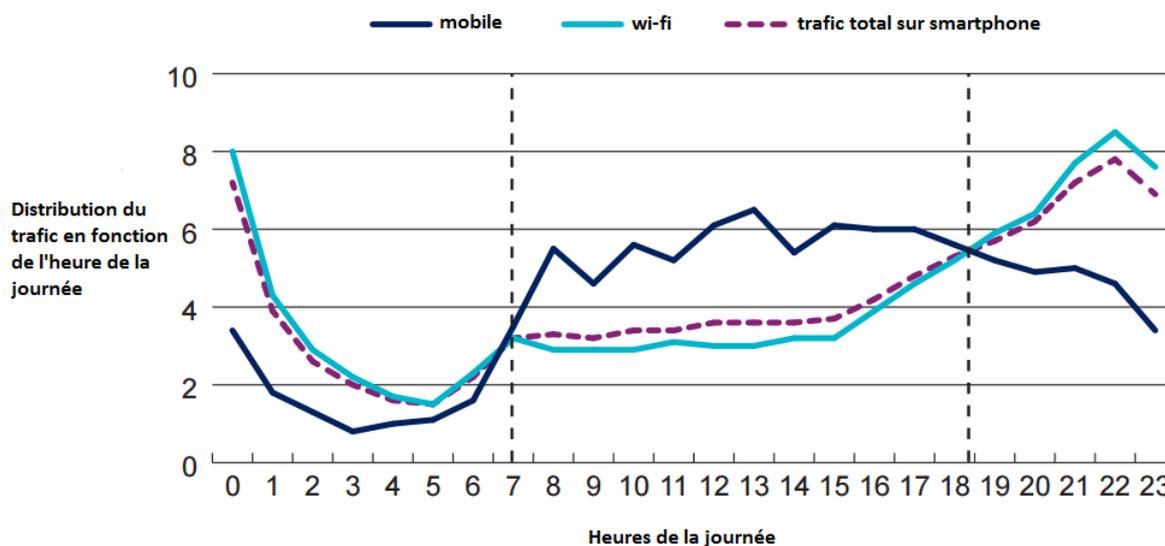
⁵⁶ Remarquons aussi que pour que cette péréquation soit possible, les acteurs en concurrence dans les zones urbaines doivent supporter les mêmes obligations de couverture sur l'ensemble du territoire national.

⁵⁷ Un mixte technologique dans les zones à faible densité est souvent requis. En effet, plutôt que de déployer, comme dans les agglomérations, des réseaux filaires en fibre optique, des technologies de réseau sans fil tel que le wimax semblent mieux adaptés aux zones à faible densité. Ces technologies permettent en effet d'offrir du Très Haut Débit (THD) à moindre coût.

⁵⁸ Pour augmenter la capacité de leurs réseaux, les opérateurs mobiles doivent densifier leur réseau en augmentant le nombre de sites et/ou améliorer l'efficacité des émetteurs et/ou utiliser davantage de fréquences. Dans les réseaux fixes, les investissements dans de nouveaux routeurs, serveurs proches des clients (*content delivery networks* en anglais) et nouvelles technologies de réseaux (exemple : la fibre) sont indispensables afin de réduire les temps de chargement et de

effet, le trafic a cru beaucoup plus rapidement que le nombre d'utilisateurs d'Internet. Ces 5 dernières années, le trafic a globalement été multiplié par 5, alors que le nombre d'utilisateurs d'Internet n'a augmenté que d'environ 66%. L'explosion du trafic Internet est encore plus marquée sur les réseaux sans fils (mobile et Wi-Fi)⁵⁹. Le trafic sur ces réseaux devrait ainsi dépasser d'ici 2019 le trafic naviguant sur les réseaux fixes. Néanmoins, toute l'augmentation de trafic issue des smartphones et autres appareils mobiles n'est pas totalement supportée par les réseaux mobiles. En fait, l'accès Wi-Fi permet d'alléger les réseaux mobiles dès lors que les smartphones se connectent automatiquement au réseau Wi-Fi local dans les habitations (voir Graphique 15).

Graphique 15: Saisonnalité journalière (hors weekend) du trafic Internet généré sur smartphone. Source : Mobidia⁶⁰



Il est aussi important de noter que le trafic aux heures de pointe croît plus vite que le trafic moyen. En 2014 par exemple, le trafic au cours de l'heure où l'affluence est la plus forte a augmenté de 34% alors que le trafic moyen n'a augmenté que de 26% sur la même période.

Comme dans les transports individuels ou collectifs, les individus connectés (après le paiement d'une

téléchargement (*download* et *upload* en anglais).

⁵⁹ http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/ip-ngn-ip-next-generation-network/white_paper_c11-481360.html

⁶⁰ Capture d'écran issue de Mobdia (2012)

somme forfaitaire) disposent d'un accès illimité au réseau. Les individus ne supportent alors pas, pendant les heures de pointe, l'ensemble du coût marginal social de la congestion. Comme dans le secteur des transports, où le coût par unité de temps de trajet est distribué parmi les usagers, dans le secteur des télécommunications, le coût de la congestion ou le coût par unité de temps de chargement est de la même manière distribué en fonction des types de contenus.

Les fournisseurs d'accès à Internet (FAI) se doivent alors de gérer la congestion sur leur réseau afin de répondre au mieux aux attentes des utilisateurs. C'est la raison pour laquelle les opérateurs proposent, à côté du service Internet, des services dits managés. Tous les services et paquets de données transitant sur les réseaux locaux des FAI ne sont donc pas traités de manière indifférenciée, contrairement au principe du *Best-Effort*. Les services managés bénéficient en effet d'un traitement préférentiel puisque pendant les pics de demande, certains paquets de données sont prioritaires sur le réseau afin de garantir un certain niveau de qualité de service aux consommateurs. Cela concerne surtout les services multimédias (IPTV, vidéo à la demande, etc.) dont la qualité de service est très fortement impactée par la variation des délais de latence (*jitter* en anglais). Une telle discrimination de service n'est en revanche pas requise pour d'autres services, tels que les services de courriers électroniques, beaucoup moins impactés par une variation des délais de latence.

Dans les transports, comme nous l'avons précédemment indiqué, la capacité des routes n'augmente pas aussi rapidement que la taille des villes. Les villes doivent alors faire face, de manière croissante, au problème de la congestion routière. À cela s'ajoute aussi les problèmes de la pollution atmosphérique. Une priorisation encadrée par l'État sur les réseaux routiers de certaines catégories de véhicules est alors indispensable. Dans le même temps, l'État autorise la tarification de l'accès aux infrastructures routières des villes pour inciter les usagers à utiliser les transports collectifs et ainsi réduire la congestion et la pollution atmosphérique (péages urbains autour des grandes agglomérations) (Raux et Andan 2002). Dans tous les cas, dans le domaine des transports, l'État se doit d'assurer la liberté de circulation des usagers et de limiter les effets pervers des goulots d'étranglement que peuvent constituer les péages.

Dans les secteurs des télécommunications, la problématique est similaire. L'enjeu est en effet de répondre à certains types de contenus fortement sensibles à la congestion, d'inciter les FAI à investir dans les réseaux pour augmenter la qualité de service pour les usagers, enfin de s'assurer que les utilisateurs ne subissent pas une dégradation de la qualité de service sur Internet.

Ainsi, la stricte application du principe du *Best-Effort* (traitement indifférencié de tous les paquets de

données) à l'ensemble des contenus et services ne s'avère pas efficace. Transposée au secteur des transports, elle aurait conduit à une situation totalement inefficace où l'utilisation des gyrophares est interdite et où les péages routiers sont proscrits.

Le premier objectif de la régulation de la bande passante sur les réseaux de télécommunications est donc « d'encadrer l'utilisation des gyrophares », c'est-à-dire d'encadrer et de contrôler le management du trafic effectué par les FAI⁶¹. Le deuxième objectif est d'autoriser, dans une certaine limite, les FAI à « mettre en place des péages », c'est-à-dire à vendre des services spécialisés aux fournisseurs de contenus et services. Dans le secteur des transports, l'État assure la libre circulation des usagers en évitant des goulots d'étranglement⁶². Dès lors, dans le secteur des télécommunications, il convient de s'assurer que la vente des services spécialisés n'entrave pas de façon substantielle la capacité des utilisateurs d'accéder à l'ensemble des services et contenus présents sur Internet. Puisque les services spécialisés utilisent la même bande passante que les services Internet, le régulateur des télécommunications doit donc *a priori* contrôler l'effet des services spécialisés en fixant un minimum de qualité de service sur Internet.

La vente de services spécialisés, sous réserve qu'ils ne dégradent pas de manière disproportionnée la QoS sur Internet, devrait avoir de nombreux effets bénéfiques. Les FAI devraient être incités à innover, investir dans les réseaux pour offrir à des fournisseurs de contenus et services des qualités appropriées aux usages des consommateurs. Cette problématique fera l'objet d'un développement plus spécifique à l'Essai 3.

⁶¹ Limitée dans le temps, et interdiction de vendre la priorisation des contenus

⁶² Les péages autoroutiers ont pour objectif d'apporter un service supplémentaire aux usagers fortement sensibles à une diminution du temps de trajet. Les autres usagers ont toujours la possibilité d'utiliser les routes nationales et départementales au lieu des autoroutes. Par ailleurs, les péages urbains, dont l'objectif est de réduire la congestion et la pollution atmosphérique, n'entravent pas la liberté de circulation des individus dès lors que des transports collectifs sont mis à la disposition de ces individus.

8 Conclusion

Les problématiques urbaines concernent un nombre croissant d'individus et d'entreprises au fil du temps. Depuis 2007, plus de la moitié de la population mondiale vit dans les villes et la population urbaine devrait continuer de croître du moins jusqu'à la fin du 21^{ème} siècle. 70% de la population devrait résider dans les villes à l'horizon de 2050.

Ainsi, la priorité des décideurs est de contrôler les risques (naturels, industriels et autres), promouvoir les meilleures conditions de vie dans les villes pour les générations présentes, tout en prenant en considération le bien-être des générations futures.

Certains indicateurs comme le PIB par habitant, le niveau de congestion, le niveau de pollution sonore et atmosphérique, le niveau d'accessibilité des populations aux biens, services publics et espaces verts, le niveau d'équité et d'exclusion des populations, ou encore le niveau de sécurité permettent d'évaluer les conditions de vie dans les villes.

Le succès des villes ne dépend pas uniquement du PIB par habitant. L'utilisation de cet unique critère évincerait un nombre important de problématiques qui s'inscrivent dans l'espace, le temps et aussi les problématiques d'équité au sein de la population. Plusieurs indicateurs multicritères ont été construits pour évaluer les villes en termes de qualité de vie, de vie sociale, de respect de l'environnement. L'indicateur de prospérité des Nations Unis par exemple⁶³ met l'accent sur un certain nombre de facteurs fondamentaux associés au concept de soutenabilité globale : la productivité, la qualité de vie, les inégalités, la soutenabilité environnementale et le niveau d'accès aux infrastructures.

Malheureusement, ces critères peuvent rentrer en contradiction les uns par rapport aux autres. C'est la raison pour laquelle les décideurs doivent arbitrer entre différents objectifs et trouver des compromis entre les classes sociales, les générations, les régions et même les pays. En tout état de cause, les villes sont interdépendantes à cause des externalités positives et négatives qu'elles créent. La coopération internationale des décideurs semble alors indispensable.

Au niveau local, les décideurs font face à des problèmes grandissants à cause entre autres de

⁶³ http://www.unhabitat.org/downloads/docs/State_of_the_World_Cities_Report2012.pdf

l'étalement urbain, de la congestion routière et de la pollution atmosphérique. Les besoins d'investissement dans les infrastructures (transports collectifs, télécommunications, etc.) sont constants. La concentration de la population dans l'espace et les phénomènes d'urbanisation conditionnent fortement le besoin en capacité des infrastructures dans les villes tandis qu'ils exacerbent les problématiques de couverture en infrastructure dans les zones les moins denses. Globalement, l'urbanisation devrait améliorer l'accès aux infrastructures de réseaux, tandis que l'exode rural renforce le problème de l'équité des territoires en termes d'accès aux nouvelles infrastructures de réseaux. Ainsi, les décideurs se doivent de mettre en place des mécanismes incitatifs pour le déploiement des infrastructures dans les zones rurales. Afin de maximiser la péréquation des coûts entre les zones denses et les zones moins denses, les décideurs se doivent aussi de contrecarrer les étalements urbains excessifs.

Dans le domaine des transports, la promotion des transports publics semble être une priorité absolue afin de réduire la pollution atmosphérique. La congestion routière, associée à des investissements dans les transports publics, devrait avoir des effets positifs en incitant les usagers au changement modal. Malgré tout, au quotidien, la congestion routière et les ralentissements au sens large sont particulièrement coûteux socialement pour certaines catégories de véhicules. La signalétique et la congestion imposent à certaines catégories de véhicules d'intérêt général d'user de leur droit de priorité. Ce type d'exception trouve sa transposition immédiate dans le secteur des télécommunications où un management du trafic semble aussi indispensable pour certains types de contenus.

Malgré tout, des niveaux élevés de congestion peuvent ne pas inciter suffisamment les usagers à migrer vers les transports collectifs. Certaines politiques de transport tels que les péages urbains peuvent alors s'avérer efficaces dès lors qu'elles proposent des modes alternatifs (transports collectifs). En effet, c'est bien le principe de liberté et de gratuité de circulation qui peut être mis en cause. Transposé au secteur des télécommunications, ce type de principe devrait conduire à conditionner la vente de services spécialisés à la non dégradation de la qualité de service sur Internet.

9 Bibliographie

- Acemoglu, D., Johnson, S. and Robinson, J.A., 2002. Reversal of fortune: Geography and institutions in the making of the modern world income distribution. *The Quarterly Journal of Economics*, 117(4), pp. 1231-1294.
- Aguiléra, A., L'Hostis, A., Haon, S. and al., 2013. Land use and transport interactions. *Technical report, ERTRAC*.
- Akiva, M.E.B. and Lerman, S. R., 1985. Discrete choice analysis: theory and application to predict travel demand. s.l.: *The MIT press*.
- Anas, A., Arnott, R. and Small, K.A., 1998. Urban spatial structure. *Journal of Economic Literature*, 36(3), pp. 1426-1464.
- Anas, A. and Lindsey, R., 2011. Reducing urban road transportation externalities: Road pricing in theory and in practice. *Review of Environmental Economics and Policy*, 5(1), pp. 66-88.
- Anas, A. and Liu, Y., 2007. A regional economy, land use, and transportation model. *Journal of Regional Science*, 47(3), pp. 415-455.
- Anderson, S. P., de Palma, A. and Thisse, J. F., 1992. Discrete Choice Theory of Product Differentiation. s.l.: *The MIT press*.
- Anderson, S.P. and Renault, R., 2007. Advertising: the Persuasion Game. *2008 CESifo Conference Centre, Munich*.
- Arnott, R., 2004. Does the Henry George theorem provide a practical guide to optimal city size?. *American Journal of Economics and Sociology*, 63(5), pp. 1057-1090.
- Arrow, K.J., 1962. The Economic Implications of Learning by Doing. *Review of Economic Studies* 29: 155-173.
- Bairoch, P., 1991. Cities and economic development: from the dawn of history to the present. s.l.: *University of Chicago Press*.
- Bakos, J.Y., 1997. Reducing buyer search costs: implications for electronic marketplaces. *Management science*, 43(12), pp. 1676-1692.
- Ballas, D., 2013. What makes a "happy city"?. *Cities*.
- Bates, D.C., 2002. Environmental refugees? Classifying human migrations caused by environmental change. *Population and Environment*, 23(5), pp. 465-477.
- Batty, M., 2012. Building a science of cities. *Cities*, Volume 29, pp. S9-S16.
- Batty, M., 2013. *The New Science of Cities*. s.l.: MIT Press.
- Batty, M., Axhausen, K.W., Giannotti, F., Pozdnoukhov, A., Bazzani, A., Wachowicz, M., Ouzounis, G. and Portugali, Y., 2012. Smart cities of the future. *The European Physical Journal Special Topics*, 214(1), pp. 481-518.
- Beaverstock, J.V., Smith, R.G. and Taylor, P.J., 1999. A roster of World cities. *Cities*, 16(6), pp. 445-458.
- Begg, I., 1999. Cities and competitiveness. *Urban Studies*, 36(5-6), pp. 795-809.
- Behrens, K. and Murata, Y., 2009. City size and the Henry George theorem under monopolistic competition. *Journal of Urban Economics*, 65(2), pp. 228-235.
- Bento, A.M., Cropper, M.L., Mobarak, A.M. and Vinha, K., 2005. The effects of urban spatial structure on travel demand in the United States. *Review of Economics and Statistics*, 87(3), pp. 466-478.
- Berry, B.J., 1976. The counterurbanization process: urban America since 1970. s.l.: *Sage Publications Beverly Hills, CA*.
- Bertaud, A. and Malpezzi, S., 2003. The spatial distribution of population in 48 World cities: Implications for economies in transition, s.l.: *World Bank*.
- Bettencourt, L., Lobo, J., Helbing, D., Kühnert, C. and West, G.B., 2007. Growth, innovation, scaling, and the pace of life in cities. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(17), pp. 7301-7306.

- Bierlaire, M., de Palma, A. and Waddell, P., 2014. Integrated transport and land use modeling for sustainable cities. s.l.: *EPFL Press*.
- Brownstone, D. and Golob, T.F., 2009. The impact of residential density on vehicle usage and energy consumption. *Journal of Urban Economics*, 65(1), pp. 91-98.
- Brueckner, J.K., 2000. Urban sprawl: diagnosis and remedies. *International Regional Science Review*, 23(2), pp. 160-171.
- Brueckner, J.K., Thisse, J.F. and Zenou, Y., 1999. Why is central Paris rich and downtown Detroit poor? An amenity-based theory. *European Economic Review*, 43(1), pp. 91-107.
- Bussière, R., 1972. Modèle de localisation résidentielle. *Annales du Centre de Recherche et d'Urbanisme*.
- Cervero, R. and Guerra, E., 2011. Urban Densities and Transit: A Multi-dimensional Perspective, s.l.: *Institute of Transportation Studies, University of California, Berkeley*.
- Chandler, T., 1987. Four thousand years of urban growth: An historical census. s.l.: *St. David's University Press*.
- Chan, K. W., Henderson, J.V. and Tsui, K.Y., 2008. Spatial Dimensions of Chinese Economic Development. In: *China's Great Economic Transformation*. s.l.: Cambridge University Press.
- Chen, H., Lanzieri, G. and Mrkic, S., 2013. Principles and recommendations for a vital statistics system Revision 3, s.l.: *The United Nation*.
- Christaller, W., 1933. Die zentralen Orte in Suddeutschland. s.l.: *Iena*.
- Church, A., Frost, M. and Sullivan, K., 2000. Transport and social exclusion in London. *Transport Policy*, 7(3), pp. 195-205.
- Clark, C., 1951. Urban population densities. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, 114(4), pp. 490-496.
- Combes, P.P., Duranton, G., Gobillon, L., Puga, D. and Roux, S., 2012. The productivity advantages of large cities: Distinguishing agglomeration from firm selection. *Econometrica*, 80(6), pp. 2543-2594.
- Cowgill, G.L., 2004. Origins and development of urbanism: Archaeological perspectives. *Annual Review of Anthropology*, pp. 525-549.
- Dahlberg, M. and Gustavsson, M., 2008. Inequality and Crime: Separating the Effects of Permanent and Transitory Income. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 70(2), pp. 129-153.
- d'Aspremont, C., Gabszewicz, J.J. and Thisse, J.F., 1979. On Hotelling's "Stability in competition". *Econometrica*, pp. 1145-1150.
- de Almeida Abreu, M. and Le Clerre, G., 1994. Reconstruire une histoire oubliée. Origine et expansion initiale des favelas de Rio de Janeiro. *Genèses*, 16(1), pp. 45-68.
- de la Barra, T., 1989. Integrated land use and transport modelling. Decision chains and hierarchies. s.l.: Number 12. *Cambridge Urban and Architectural Studies*.
- de Lara, M., de Palma, A., Kilani, M. and Piperno, S., 2012. Congestion pricing and long term urban form: Application to Paris region. *Regional Science and Urban Economics*, Volume 43, pp. 282-295.
- de Palma, A., Ginsburgh, V., Papageorgiou, Y.Y. and Thisse, J.F., 1985. The principle of minimum differentiation holds under sufficient heterogeneity. *Econometrica*, pp. 767-781.
- de Palma, A., Lindsey, R., Quinet, E. and Vickerman, R., 2011. A Handbook of Transport Economics. s.l.: *Edward Elgar Publishing*.
- de Palma, A., Motamedi, K., Picard, N. and Waddell, P., 2005. A model of residential location choice with endogenous housing prices and traffic for the Paris region. *European Transport*, Issue 31, pp. 67-82.
- de Palma, A., Picard, N., Angoustures, P. and Meyer, B., 2013. Etude sur les externalités des télécentres, s.l.: *PMP/ENS de Cachan*.
- de Palma, A., Picard, N. and Waddell, P., 2007. Discrete choice models with capacity constraints: An empirical analysis of the housing market of the greater Paris region. *Journal of Urban Economics*, 62(2), pp. 204-230.

- Deneubourg, J.L. and Franks, N., 1995. Collective control without explicit coding: the case of communal nest excavation. *Journal of insect behavior*, 8(4), pp. 417-432.
- Dobbs, R., Smit, S., Remes, J., Manyika, J., Roxburgh, C. and Restrepo, A., 2011. Urban World: Mapping the economic power of cities, s.l.: *McKinsey*.
- Duranton, G. and Puga, D., 2005. From sectoral to functional urban specialisation. *Journal of Urban Economics*, 57(2), pp. 343-370.
- Echenique, M.H., Flowerdew, A., Hunt, J.D., Mayo, T.R., Skidmore, I.J and Simmonds, D.C, 1990. The MEPLAN models of Bilbao, Leeds and Dortmund. *Transport Reviews*, 10(4), pp. 309-322.
- Elzinga, D., Fulton, L., Heinen, S. and Wasilik, O., 2011. Advantage Energy: Emerging Economies, Developing Countries and the Private-Public Sector Interface, s.l.: *OECD Publishing*.
- Feldman, M.P. and Audretsch, D.B., 1999. Innovation in cities: Science-based diversity, specialization and localized competition. *European Economic Review*, 43(2), pp. 409-429.
- Fournier, J.M., Koske, I., Wanner, I. and Zipperer, V., 2013. The price of oil - will it start rising again?, s.l.: *OECD economic department working paper* No. 1031.
- Fujishima, S., 2012. Evolutionary implementation of optimal city size distributions. *Regional Science and Urban Economics*, Volume 43, pp. 404-410.
- Fujita, M., Krugman, P.R. and Venables, A.J., 1999. The spatial economy: cities, regions and international trade. s.l.: *Wiley Online Library*.
- Fujita, M. and Thisse, J.F., 1997. Economie géographique, problèmes anciens et nouvelles perspectives. *Annales d'Economie et de Statistique*, pp. 37-87.
- Fuller, R.A. and Gaston, K.J., 2009. The scaling of green space coverage in European cities. *Biology Letters*, 5(3), pp. 352-355.
- Gabaix, X., 1999. Zipf's Law and the Growth of Cities. *The American Economic Review*, 89(2), pp. 129-132.
- Gabaix, X., 1999. Zipf's law for cities: an explanation. *The Quarterly Journal of Economics*, 114(3), pp. 739-767.
- Gabaix, X. and Ioannides, Y.M., 2004. The evolution of city size distributions. *Handbook of Regional and Urban Economics*, Volume 4, pp. 2341-2378.
- Gaigné, C., Riou, S. and Thisse, J.F., 2012. Are compact cities environmentally friendly?. *Journal of Urban Economics*, 72(2), pp. 123-136.
- Galster, G., Hanson, R., Ratcliffe, M.R, Wolman, H., Coleman, S. and Freihage, J., 2001. Wrestling sprawl to the ground: defining and measuring an elusive concept. *Housing Policy Debate*, 12(4), pp. 681-717.
- Garreau, J., 1991. Edge City: Life on the New Frontier. s.l.: *New York, Doubleday, AnchorBooks*.
- Glaeser, E.L. and Kahn, M.E., 2001. Decentralized employment and the transformation of the American city, s.l.: *National Bureau of Economic Research*.
- Glaeser, E.L., Kallal, H.D., Scheinkman, J.A. and Shleifer, A., 1991. Growth in cities
- Glaeser, E.L. and Shapiro, J.M., 2002. Cities and warfare: The impact of terrorism on urban form. *Journal of Urban Economics*, 51(2), pp. 205-224.
- Godefroy, P., 2011. Satisfaction dans la vie: les personnes se donnent 7 sur 10 en moyenne, s.l.: *INSEE*.
- Grimm, N.B, Faeth, S.H; Golubiewski, N.E, Redman, C.L, Wu, J., Bai, X. and Briggs, J.M, 2008. Global change and the ecology of cities. *Science*, 319(5864), pp. 756-760.
- Gu, J., 2009. China's private enterprises in Africa and the implications for African development. *European Journal of Development Research*, 21(4), pp. 570-587.
- Haag, G., 1990. Transport: a master equation approach. s.l.: *Urban Dynamics*.
- Hediger, W., 2000. Sustainable development and social welfare. *Ecological Economics*, 32(3), pp. 481-492.
- Heilig, G.K., 2012. World Urbanization Prospects The 2011 Revision. *Presentation at the Center for Strategic and International Studies* .
- Hotelling, H., 1929. Stability in Competition. *Economic Journal*, 39(153), pp. 41-57.

- Ingram, G.L.Z., 1999. Motorization and Road Provision in Countries and Cities, s.l.: *World Bank*.
- Ioannides, Y.M. and Overman, H.G., 2003. Zipf's law for cities: an empirical examination. *Regional Science and Urban Economics*, 33(2), pp. 127-137.
- Jackson, K.T., 1996. All the World's a mall: Reflections on the social and economic consequences of the American shopping center. *The American Historical Review*, 101(4), pp. 1111-1121.
- Jacobs, J., 1969. The Economy of Cities. s.l.: *Random House*.
- Kahn, M.E., 2005. The death toll from natural disasters: the role of income, geography, and institutions. *Review of Economics and Statistics*, 87(2), pp. 271-284.
- Kamal-Chaoui, L., 2010. Trends in Urbanisation and Urban Policies in OECD Countries: What Lessons for China?, s.l.: *OECD*.
- Kaplan, S., 1995. The restorative benefits of nature: Toward an integrative framework. *Journal of Environmental Psychology*, 15(3), pp. 169-182.
- Kellenberg, D.K. and Mobarak, A.M., 2008. Does rising income increase or decrease damage risk from natural disasters?. *Journal of Urban Economics*, 63(3), pp. 788-802.
- Kostof, S., 1993. The City Shaped: Urban Patterns and Meaning Throughout History. s.l.: *Bulfinch Press*.
- Kwan, M.P., Dijst, M. and Schwanen, T., 2007. The interaction between ICT and human activity-travel behavior. *Transportation Research. Part A, Policy and Practice*, 41(2), pp. 121-124.
- Lafourcade, M. and Thisse, J.F., 2011. New Economic Geography: the role of transport costs. *Handbook of Transport Economics*.
- Lanz, B. and Provins, A., 2011. Valuing local environmental amenity: using discrete choice experiments to control for the spatial scope of improvements, s.l.: *CEPE Center for Energy Policy and Economics, ETH Zurich*.
- Lefèvre, B., 2010. Urban Transport Energy Consumption: Determinants and Strategies for its Reduction. An analysis of the literature. *Surveys and Perspectives Integrating Environment and Society*, Issue 2.3.
- Lenz, B. and Nobis, C., 2007. The changing allocation of activities in space and time by the use of ICT-"Fragmentation" as a new concept and empirical results. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 41(2), pp. 190-204.
- Lévy, J., 2013. Réinventer la France. s.l.: *Fayard*.
- Lieber, E. and Syverson, C., 2011. Online vs. offline competition. *Peitz, M., Waldfogel*.
- Litman, T., 2013. Understanding Transport Demands and Elasticities, s.l.: *Victoria Transport Policy*.
- Loginova, O., 2009. Real and Virtual Competition. *The Journal of Industrial Economics*, 57(2), pp. 319-342.
- Long, J.E., Rasmussen, D.W. and Haworth, C.T., 1977. Income inequality and city size. *The Review of Economics and Statistics*, 59(2), pp. 244-246.
- Marchetti, C., 1994. Anthropological invariants in travel behavior. *Technological Forecasting and Social Change*, 47(1), pp. 75-88.
- Markusen, A. and Schrock, G., 2006. The distinctive city: divergent patterns in growth, hierarchy and specialisation. *Urban Studies*, 43(8), pp. 1301-1323.
- Marshall, A., 1890. Principles of Economics. s.l.: *London: Macmillan*.
- Marshall, J.D., 2007. Urban land area and population growth: a new scaling relationship for metropolitan expansion. *Urban Studies*, 44(10), pp. 1889-1904.
- Melo, P.C., Graham, D.J. and Noland, R.B., 2009. A meta-analysis of estimates of urban agglomeration economies. *Regional Science and Urban Economics*, 39(3), pp. 332-342.
- Mieszkowski, P. and Mills, E.S., 1993. The causes of metropolitan suburbanization. *The Journal of Economic Perspectives*, 7(3), pp. 135-147.
- Mills, E.S., 1967. An aggregative model of resource allocation in a metropolitan area. *The American Economic Review*, 57(2), pp. 197-210.
- Mills, E.S., 1972. Studies in the structure of the urban economy. s.l.: *Resources for the Future by Johns Hopkins Press (Baltimore)*.
- Moreno, E. L., 2013. State of the World's cities, s.l.: *UN Habitat*.

- Mulligan, G.F. and Carruthers, J.I., 2011. Amenities, Quality of Life, and Regional Development. In: *Investigating Quality of Urban Life*. s.l.: Springer, pp. 107-133.
- Mumford, L., 1938. *The Culture of Cities*. s.l.: *Harcourt Brace and Company*.
- Mumford, L., 1961. *The City in History*. s.l.: *Harcourt, Brace and World, Inc.*
- Muth, R., 1969. *Cities and Housing*. *University of Chicago Press*.
- Myers, N., 2002. Environmental refugees: a growing phenomenon of the 21st century. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 357(1420), pp. 609-613.
- Newman, M.E., 2005. Power laws, Pareto distributions and Zipf's law. *Contemporary Physics*, 46(5), pp. 323-351.
- Newman, P. and Hogan, T.S., 1987. Urban Density and Transport: A simple model based on three city types. *Transport Research Paper*, Issue 1/87.
- Newman, P. and Kenworthy, J., 1999. *Sustainability and cities: overcoming automobile dependence*. s.l.: *Island Press*.
- Newman, P. and Kenworthy, J., 2006. Urban design to reduce automobile dependence. *Opolis*, 2(1).
- Newman, P. and Kenworthy, J.R., 1996. The land use-transport connection: An overview. *Land Use Policy*, 13(1), pp. 1-22.
- Perlman, J.E., 2007. Marginality from myth to reality, the favelas of Rio de Janeiro 1968-2005. *Mega-Cities Project*.
- Pfaffenbichler, P., 2003. The strategic, dynamic and integrated urban land use and transport model MARS (Metropolitan Activity Relocation Simulator). s.l.: *Institut für Verkehrsplanung und Verkehrstechnik der Technischen Universität Wien*.
- Picard, N., de Palma, A. and Inoa, I.A., 2013. Discrete Choice Decision-Making with Multiple Decision Makers within the Household. *Mathematical Population Studies*.
- Porter, M.E., 1990. *The Competitive Advantage of Nations*. s.l.: *New York: Free Press*.
- Proost, S. and van der Loo, S., 2013. *Policy insights and insights for sustainability*, s.l.: *European Commission*.
- Putman, S.H., 1991. DRAM/EMPAL ITLUP Integrated Transportation Land-Use activity allocation models: general description.
- Redding, S. and Venables, A.J., 2004. Economic geography and international inequality. *Journal of International Economics*, 62(1), pp. 53-82.
- Rees, W. and Wackernagel, M., 2012. Urban ecological footprints: why cities cannot be sustainable -and why they are a key to sustainability. *The Urban Sociology Reader*, p. 157.
- Reilly, W.J., 1931. *The Law of Retail Gravitation*. s.l.: *New York: Published by the Author*.
- Roback, J., 1982. Wages, Rents, and the Quality of Life. *Journal of Political Economy*, 90(6), pp. 1257-1278.
- Romer, P.M., 1986. Increasing Returns and Long Run Growth. *Journal of Political Economy*, Volume 94, pp. 1002-1037.
- Rosenthal, S.S. and Strange, W.C., 2004. Evidence on the nature and sources of agglomeration economies. *Handbook of Regional and Urban Economics*, Volume 4, pp. 2119-2171.
- Scarpa, R., Campbell, D. and Hutchinson, W.G., 2007. Benefit estimates for landscape improvements: sequential Bayesian design and respondents rationality in a choice experiment. *Land Economics*, 83(4), pp. 617-634.
- Schafer, A., 2000. Regularities in travel demand: an international perspective. *Journal of Transportation and Statistics*, 3(3), pp. 1-31.
- Schaffar, A., 2010. Quelle est la nature de la croissance urbaine indienne?. *Revue d'économie du développement*, 24(2), pp. 101-120.
- Shen, L.Y., Jorge Ochoa, J., Shah, M.N. and Zhang, X., 2011. The application of urban sustainability indicators-A comparison between various practices. *Habitat International*, 35(1), pp. 17-29.
- Shen, X., 2013. Private Chinese investment in Africa: myths and realities. *World Bank Policy Research Working Paper*, Issue 6311.

- Sicular, T., Ximing, Y., Gustafsson, B. and Shi, L., 2007. The urban-rural income gap and inequality in China. *Review of Income and Wealth*, 53(1), pp. 93-126.
- Simmonds, D., 1999. The design of the DELTA land-use modelling package. *Environment and Planning B*, Volume 26, pp. 665-684.
- Sjoberg, G., 1960. The preindustrial city: past and present. s.l.: *New York: Free Press*.
- Small, K.A. and Song, S., 1994. Population and employment densities: structure and change. Société du Grand Paris, 2013. Le Nouveau Grand Paris, s.l.: *Société du Grand Paris*.
- Solard, G., 2010. Le commerce de proximité, s.l.: *INSEE*.
- Strotz, R.H., 1965. The Public Economy of Urban Communities. s.l.: *J. Margolis, ed.*
- Thisse, J.F., 2012. Avis du conseil scientifique sur l'évaluation socio-économique du schéma d'ensemble du réseau de transport public du Grand Paris, s.l.: *Société du Grand Paris*.
- Thorbecke, E. and Charumilind, C., 2002. Economic inequality and its socioeconomic impact. *World Development*, 30(9), pp. 1477-1495.
- Trancik, J.E., Chang, M.T., Karapataki, C. and Stokes, L.C., 2013. Effectiveness of a Segmental Approach to Climate Policy. *Environmental Science and Technology*.
- Tsui, K.Y., 2007. Forces shaping China's interprovincial inequality. *Review of Income and Wealth*, 53(1), pp. 60-92.
- Turok, I., 2004. Cities, regions and competitiveness. *Regional Studies*, 38(9), pp. 1069-1083.
- United Nations, 2012. World Urbanization Prospects The 2011 Revision, s.l.: *United Nations*.
- van den Bergh, J.C. and Verbruggen, H., 1999. Spatial sustainability, trade and indicators: an evaluation of the ecological footprint. *Ecological Economics*, 29(1), pp. 61-72.
- van den Berg, P., Arentze, T. and Timmermans, H., 2013. A path analysis of social networks, telecommunication and social activity-travel patterns. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, Volume 26, pp. 256-268.
- van Lier, T., De Witte, A. and Macharis, C., 2012. The impact of telework on transport externalities: the case of Brussels Capital Region. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, Volume 54, pp. 240-250.
- Verhoef, E., 1994. External effects and social costs of road transport. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 28(4), pp. 273-287.
- Viscusi, W.K., 2009. Valuing risks of death from terrorism and natural disasters. *Journal of Risk and Uncertainty*, 38(3), pp. 191-213.
- Warner, K., 2010. Global environmental change and migration: Governance challenges. *Global Environmental Change*, 20(3), pp. 402-413.
- Wegener, M., 2004. Overview of land-use transport models. *Handbook of transport geography and spatial systems*, Volume 5, pp. 127-146.
- White, E.V. and Gatersleben, B., 2011. Greenery on residential buildings: Does it affect preferences and perceptions of beauty?. *Journal of Environmental Psychology*, 31(1), pp. 89-98.
- Willis, H.H., 1980. Patterns of urban and rural population growth, s.l.: *United Nations*.
- Willis, H.H., 2007. Guiding resource allocations based on terrorism risk. *Risk Analysis*, 27(3), pp. 597-606.
- Yuan, Y., Raubal, M. and Liu, Y., 2012. Correlating mobile phone usage and travel behavior-A case study of Harbin, China. *Computers, Environment and Urban Systems*, 36(2), pp. 118-130.

Chapitre 2 La régulation incitative aux investissements dans les télécommunications

Essai 1 La régulation par la menace crédible, un outil incitatif pour le déploiement de nouvelles infrastructures de réseaux

1 Présentation

La mission d'expertise au sein du cabinet Tera Consultants m'a amené à traiter de nombreux sujets de régulation pour le compte du régulateur qatari des télécommunications. C'est dans ce contexte que j'ai eu l'occasion de m'enrichir de la très vaste littérature économique dans le domaine de la régulation des télécommunications.

Ainsi, j'ai pu développer une analyse économique, qui semble novatrice, et qui répond aux préoccupations réelles des régulateurs dans le secteur des télécommunications.

Cet essai traite plus précisément de la problématique de l'incitation au déploiement des infrastructures de réseaux. Ce travail tente de démontrer qu'une nouvelle approche de régulation est possible. Un modèle simple illustre l'argumentation économique.

Le travail présenté ci-après a débouché sur un article académique co-écrit avec le Professeur Martin Cave. Je le remercie pour ses nombreuses remarques, corrections et conseils qui ont permis à ce travail de correspondre au mieux aux exigences des éditeurs scientifiques. L'article qui résulte de ce travail collaboratif a été soumis pour publication au journal « Communications & Strategies », il est disponible en Annexe (voir l'article intitulé *Regulation by irreversible commitment: using credible threats as an incentive to deploy new infrastructure*)

2 Résumé

La régulation dans le secteur des télécommunications est un sujet très complexe. D'une part, la régulation vise à stimuler des prix compétitifs pour l'intérêt des consommateurs. D'autre part, les prix régulés de l'accès doivent être suffisamment élevés pour encourager les investissements dans les réseaux par les acteurs privés.

Dans ce papier, il est montré qu'un projet d'investissement opéré par l'État peut constituer une menace crédible pour les acteurs privés et encourager en particulier l'opérateur historique à déployer rapidement sa propre infrastructure de réseaux de télécommunications.

Deux cas sont ensuite présentés pour illustrer le modèle et la nouvelle approche de régulation : un cas français tout d'abord, à un niveau local, où l'opérateur historique a déployé un réseau local fibre en réponse à une initiative publique ; le cas du Qatar ensuite, à un niveau national, où l'opérateur historique a choisi de déployer très rapidement un réseau fibre, permettant de couvrir l'ensemble de la population, en réponse à la menace crédible provenant de l'opérateur public de gros.

Enfin, après qu'une infrastructure fibre soit déployée, tout l'enjeu est de construire et mettre en œuvre une régulation optimale de l'accès. Celle-ci doit permettre de développer une concurrence saine en services via un prix optimal de l'accès qui compense dans une juste mesure l'opérateur historique pour les coûts et les risques de l'investissement.

3 Introduction

Le déploiement des réseaux fixes de télécommunications à Très Haut Débit (THD) est un enjeu majeur pour nombre de pays même si les objectifs et les critères pour définir un réseau THD diffèrent d'un pays à l'autre. D'après la Commission Européenne, tout réseau qui délivre un débit descendant de 30 Mbps minimum peut être considéré comme un réseau THD. L'objectif de la Commission est de fournir au minimum ce type d'accès à Internet à tous les citoyens européens à l'horizon 2020⁶⁴. La Federal Communications Commission (FCC) quant à elle a revu très récemment, fin janvier 2015, les seuils minimaux pour définir un réseau Haut-Débit. Le minimum de débit descendant est en effet passé de 4 Mbps à 25 Mbps et le minimum de débit ascendant est passé de 1 Mbps à 3 Mbps. Suite à cette nouvelle définition, les offres DSL d'AT&T et de Verizon ne pourront plus être considérées comme fournissant du Haut Débit et le pourcentage de consommateurs n'ayant pas accès au Haut Débit passe automatiquement de 6.3% à 13.1%. L'objectif de Tom Wheeler, président de la FCC, est d'encourager les opérateurs à davantage investir dans les nouveaux réseaux de télécommunications⁶⁵, ce qui laisse supposer que la transition des anciennes vers les nouvelles technologies de réseaux n'est pas aussi rapide que souhaitée par le régulateur.

Pourtant, dans les pays où le secteur des télécommunications est pleinement ouvert à la concurrence, il était anticipé que la pression concurrentielle pourrait suffire à assurer une extinction rapide de l'ancienne technologie à savoir la boucle locale filaire en cuivre sous forme de paires opérées par des opérateurs de télécommunications (telcos) ou le câble coaxial opéré par des câblo-opérateurs (cablos). La nouvelle technologie, une boucle locale où la fibre optique est déployée jusqu'à un point plus ou moins proche de la prise terminale de l'abonné devait alors se substituer rapidement à la boucle locale cuivre⁶⁶. Cette confiance dans les mécanismes de marché n'impliquait donc ni intervention publique

⁶⁴« internet speeds of 30 Mbps or above for all European citizens, with half European households subscribing to connections of 100Mbps or higher » (Commission Européenne 2010)

http://europa.eu/rapid/press-release_IP-10-581_en.htm?locale=en

⁶⁵ce qui semble indispensable au regard des objectifs ambitieux du "National Broadband Plan : "At least 100 million U.S. homes should have affordable access to actual download speeds of at least 100 megabits per second and actual upload speeds of at least 50 megabits per second" (Kruger 2013)

<http://www.theverge.com/2015/1/29/7932653/fcc-changed-definition-broadband-25mbps>

⁶⁶ Avec le Fibre To The Home (FTTH), l'utilisateur est directement raccordé à la fibre optique ce qui lui permet d'atteindre un débit symétrique d'au moins 1 Gbps ; avec la Fiber To The Last Amplifier (FTTLA), la fibre ne va pas jusqu'à l'abonné mais s'arrête au nœud optique ; avec la Fiber To The Building (FTTB), la fibre s'arrête au pieds de l'immeuble et ne monte pas jusqu'à l'abonné ; avec la Fiber To The Cabinet (FTTC), la fibre s'arrête au sous répartiteur. Plus la fibre s'arrête

particulière, ni mesures de régulation spécifiques, au moins pensait-on dans les zones les plus denses. La réalité est autre. Le marché, laissé à lui-même, n'assure pas toujours le rythme de déploiement des nouveaux réseaux et un prix raisonnable de l'accès permettant aux économies et aux consommateurs de bénéficier pleinement des effets positifs que ces réseaux sont susceptibles d'engendrer : nouveaux services, gains de productivité, désenclavement, croissance, etc. Pour pallier cette insuffisance, la nécessité d'interventions hors-marché est revenue en force : sont de nouveau mobilisés les outils standards de l'intervention publique (investissements directs, subventions à l'investissement ou à l'exploitation, etc.) et la régulation (obligation d'accès, prix régulés sur les marchés de gros, etc.).

Premièrement, les subventions publiques semblent nécessaires là où l'initiative privée est insuffisante. Arthur D. Little (2013) a montré en particulier que dans les pays tels que les États-Unis, les Emirats Arabes Unis, Hong-Kong, ou encore en l'Arabie Saoudite, où le marché n'est pas régulé et où l'investissement public est quasi-inexistant, la pénétration des usagers pour Internet est relativement élevée mais la couverture est relativement faible, ce qui pose le problème de la fracture numérique de la population.

Deuxièmement, la régulation semble indispensable afin d'assurer une ouverture à la concurrence en services et permettre une grande accessibilité des offres Internet. Le problème inhérent à la régulation de l'accès est d'inciter les opérateurs privés à investir dans de nouvelles technologies de réseau. Une régulation trop contraignante de l'accès, aussi bénéfique soit-elle en termes d'effets pro-concurrentiels sur les prix de détail, peut amener les opérateurs privés à repousser des investissements dans le nouveau réseau en fibre optique⁶⁷.

Cet article s'insère véritablement dans le cadre des débats actuels relatifs à l'incitation au développement de nouvelles infrastructures en substitution des anciennes et propose une approche qui mixe intervention publique et régulation. En effet, la création d'un engagement irréversible de la puissance publique sur le marché produit une menace crédible pour les acteurs du marché, ce qui peut

proche de l'utilisateur et plus le débit Internet montant et descendant est élevé. Pour l'utilisateur d'Internet, l'idéal est bien sûr de bénéficier du FTTH offrant un débit théorique maximum. Cependant, pour des raisons de coût de déploiement, d'autres alternatives qui visent à remplacer qu'une partie de l'ancien réseau cuivre par de la fibre peut être privilégié par les opérateurs.

⁶⁷ En l'occurrence, l'obligation d'ouverture et la régulation de l'accès telle que recommandée par la Commission Européenne ne semble pas inciter suffisamment les opérateurs privés (Briglauer et Gugler 2013). D'après Crandall, Eisenach, et Ingraham (2013) "*overall, it appears that the likely benefits of fiber unbundling are small at best, and that the costs are potentially large. Of greatest concern is that continuing efforts to impose unbundling could have the unintended effect of delaying the deployment of all types of NGAs for an extended period, as regulators wrestle with intractable issues and investors await the regulatory certainty needed to justify large investments in broadband infrastructures*".

les forcer à investir. Avec cette nouvelle approche, il s'agit donc d'initier la concurrence en infrastructures et en services par une mobilisation initiale de fonds publics, là où les initiatives privées s'avèrent insuffisantes.

Nous reviendrons dans la section 4 de cet essai sur différents facteurs explicatifs de l'insuffisance de l'initiative privée pour investir dans un réseau fibre. Dans la section 5, nous présenterons les outils à disposition des régulateurs pour inciter au déploiement de la fibre. Il sera entre autres discuté de l'intérêt de mettre en place des menaces crédibles par l'État. Nous proposons alors à la section 6 un modèle simple basé sur la théorie des jeux pour mieux cerner les interactions stratégiques à l'origine de la crédibilité de la menace Étatique. Nous illustrerons ce cadre d'analyse au travers de deux exemples aux sections 7 et 8, tout d'abord, à un niveau local, en France, ensuite, à un niveau national, au Qatar. Nous montrerons que l'initiative publique dans ces deux cas, particulièrement au Qatar, a créé une menace crédible incitant l'opérateur historique et dominant à déployer *in fine* son propre réseau. À la suite de la réponse de l'opérateur privé à la menace crédible de l'État, nous mettrons l'accent à la section 9 sur la nécessité de mettre en place une régulation juste de l'accès, qui promeut à la fois l'entrée de nouveaux entrants et rétribue l'opérateur privé pour les coûts et les risques d'investissement. Enfin, nous concluons à la section 10 que la problématique du déploiement de la fibre au Qatar est présente sur bon nombre de marchés nationaux, et qu'à ce titre, l'approche de régulation par la menace crédible, telle que présentée à la section 6, peut s'avérer être une mesure innovante et efficace.

4 Pourquoi les acteurs privés ne déploient pas, ou pas assez vite un réseau fibre ?

Une série de facteurs, que nous détaillons ci-après, peuvent être à l'origine de l'insuffisance de l'initiative privée pour déployer un réseau fibre, rendant ainsi nécessaire l'intervention Étatique pour le déploiement du THD sur l'ensemble d'un territoire.

4.1 La présence d'externalités

En présence d'externalités positives, le niveau de l'investissement des opérateurs de télécommunications (telcos) est, à l'équilibre, inférieur au niveau de l'optimum social car les telcos n'internalisent pas totalement les effets bénéfiques créés par l'augmentation des débits Internet sur l'innovation des services, l'efficacité des entreprises, des administrations, du système éducatif (*e-learning*), des systèmes de santé (*e-health*), des systèmes énergétiques (*smartgrid*), de transport (*smart city*), du capital social, etc. En d'autres termes, les bénéfices sociaux d'un déploiement d'infrastructures de télécommunications ne peuvent se résumer aux revenus générés par les

opérateurs (Firth et Mellor 2005, Katz et Shapiro 1986). Peu d'études chiffrées précisent l'impact du FTTH sur la croissance du PIB et les résultats varient assez significativement d'une étude à l'autre (Kenny, 2015). En tout cas, il semble que l'effet marginal d'une augmentation du débit Internet dépende du débit initial et du niveau de croissance du PIB. Rohman et Bohlin (2012) ont par exemple montré qu'en moyenne, pour les pays de l'OCDE, doubler le débit Internet de 8.3 Mbps à 16.6 Mbps conduisait à augmenter de 0,3 points le taux de croissance du PIB. De plus, les effets bénéfiques des réseaux de télécommunications ne sont pas toujours monétarisés. Par exemple, un réseau de télécommunications plus performant permet de développer le télétravail et participe à la réduction du coût de la congestion et de la pollution atmosphérique (Mitomo et Jitsuzumi 1999).

4.2 La structure de marché

La structure de marché peut expliquer l'insuffisance de l'initiative privée car les telcos sont moins incités à investir en situation de position dominante qu'en situation de forte concurrence ou de contestabilité du marché. En particulier, le telco en situation de monopole sur le cuivre semble faiblement incité à investir dans un nouveau réseau à cause du *replacement effect* (Arrow 1962). En effet, même si le prix de gros et de détail du cuivre sont orientés vers les coûts, investir dans la fibre constitue un coût d'opportunité élevé pour cet opérateur, car le réseau cuivre génère une rente qui dans tous les cas pourrait être cannibalisée par le nouveau réseau fibre. D'après Briglauer et Gugler (2013), "*the replacement effect can [...] be expected to be crucial in view of an average European (EU27) household fixed broadband penetration rate of 62.8% in 2011*".

À l'inverse, une concurrence en infrastructures, via l'*escape competition* (Aghion et al. 2002), semble être un facteur incitatif au déploiement de nouvelles infrastructures. Selon Crandall, Eisenach, et Ingraham (2013), les pays ayant le plus rapidement déployé le réseau fibre sont ainsi ceux pour lesquels la concurrence entre câblo-opérateurs et telcos était la plus forte⁶⁸. En effet, l'opérateur historique, généralement un telco qui détient le réseau cuivre, est incité à investir dans la fibre pour ne pas perdre en compétitivité et obtenir une rente de court terme surtout face à un câblo-opérateur ayant la possibilité d'incrémenter progressivement son réseau pour offrir du Très Haut Débit en remplaçant de plus en plus près de l'utilisateur final le câble coaxial par de la fibre.

En outre, l'effet de la concurrence en infrastructures sur le niveau d'investissement dans le THD est d'autant plus élevé que les câblo-opérateurs comme les opérateurs de télécommunications n'ont pas d'obligation d'ouvrir leur réseau. Généralement, les réseaux câbles ne sont pas soumis à l'obligation

⁶⁸ "*in general, next generation fiber networks are being deployed more aggressively in countries with substantial broadband platform competition — that is, in countries with well-developed cable television infrastructure that has been (or is in the process of being) upgraded to the DOCSIS3.0*".

d'ouverture si le régulateur considère que la concurrence inter-plateformes est suffisante afin de garantir une diversité des services et des prix compétitifs, et aussi pour des raisons techniques car un dégroupage total n'est pas possible sur un réseau câble.

En 2013, parmi les pays de l'OCDE, seuls le Canada et le Danemark avaient mis en place une obligation d'ouverture, basée sur une offre *bitstream* qui permet d'allouer une partie de la fréquence à de nouveaux entrants⁶⁹ (OCDE 2013).

Aux États-Unis, les opérateurs ne sont pas soumis à une obligation d'ouverture⁷⁰ car les telcos, historiquement basés sur le cuivre, et les cablos, sont en situation de concurrence sur pratiquement l'ensemble du territoire⁷¹. La couverture du réseau câble sur la majorité du territoire s'explique par le fait que, contrairement à d'autres pays, le déploiement s'est opéré relativement tôt, dans les années 1940 (OCDE 2013). La concurrence en infrastructures sur le territoire américain semble avoir incité les cablos à investir graduellement dans leur réseau pour fournir du THD. Les telcos quant à eux n'ont pas investi aussi rapidement que les cablos dans un réseau fibre. Il en résulte que le cablo dominant est souvent en situation de monopole au niveau local sur le THD⁷² et est en mesure d'appliquer des tarifs relativement élevés⁷³.

Pour résumer, globalement, une concurrence en infrastructures semble inciter au déploiement de réseaux THD sans pour autant garantir des prix compétitifs. Inversement, un opérateur historique en situation dominante semble plus faiblement incité à investir dans une nouvelle technologie de réseau. Notons cependant qu'au-delà d'un certain niveau concurrence, l'incitation à investir diminue car

⁶⁹ A la différence d'une offre de gros en dégroupage total, l'offre *bitstream* implique toujours une dépendance du nouvel entrant vis-à-vis de l'opérateur qui détient le réseau, ce qui peut restreindre l'innovation des services proposés aux consommateurs.

⁷⁰ "The FCC gradually eased the initial requirements through various new rules, such as those resulting from the Triennial Review Order, where it found that "excessive network unbundling requirements tend to undermine the incentives of both incumbent LECs and new entrants to invest in new facilities and deploy new technology" (OCDE 2013)

⁷¹ Le réseau câble couvre maintenant 90% du territoire Américain selon McKinsey&Compagny (2012).

⁷² "more than three-quarters of households have no choice other than their local cable monopoly for high-speed, high-capacity internet" <http://www.economist.com/news/leaders/21598997-american-regulators-should-block-comcasts-proposed-deal-time-warner-cable-turn-it>

⁷³ "For the third year in a row, we found that customers in the U.S. tend to pay more than their peers in Europe and Asia, in nearly every single speed tier. The U.S. cities that offer some of the fastest speeds at the most affordable prices are actually the smaller and less densely populated cities that have either municipally-owned broadband networks or competitive entrants like Google Fiber". Source: Présentation de Danielle Kehl (2015) pour l'Open Technology Institute, A Comparison of High-Speed Internet Access in 24 Cities Around the World.

les espoirs d'obtenir une rente grâce à l'investissement s'amenuisent (Schumpeter, 1934). C'est la raison pour laquelle une obligation d'ouverture telle que défendue par la Commission Européenne, qui promeut la concurrence en services, peut dés-encourager l'opérateur historique à investir dans une nouvelle technologie de réseau (Crandall, Eisenach, et Ingraham 2013, Briglauer et Gugler 2013⁷⁴). Par ailleurs, en présence d'une forte concurrence, le marché est davantage partitionné entre les différents opérateurs. Une concurrence exacerbée fait alors augmenter le risque que la demande soit insuffisante pour « remplir » le réseau et couvrir l'ensemble des coûts fixes. Une forte concurrence peut alors conduire à une augmentation du risque d'investissement et donc du coût du capital, ayant pour effet de réduire l'incitation à investir (Briglauer, Ecker, et Gugler 2013, Shutova 2013).

4.3 Le risque d'investissement

Les opérateurs privés, lorsqu'ils ont pour intention d'investir dans de nouveaux réseaux de télécommunications, sont naturellement très sensibles au risque d'investissement qui peut se décomposer en un risque sur les revenus et un risque sur les coûts. Le risque d'investissement est surtout causé par un ensemble de coûts irrécupérables dans la mesure où certains montants engagés pour l'investissement ne pourront pas être recouverts si le projet ne s'avère pas rentable dans l'avenir⁷⁵. Le risque d'investissement est un risque perçu par les opérateurs, il dépend de l'information disponible et des anticipations plus ou moins pessimistes des opérateurs.

En ce qui concerne l'incertitude sur les revenus, celle-ci peut entre autres se matérialiser par une incertitude sur la part de marché et/ou le taux de migration des usagers du cuivre vers la fibre (Katsianis et al. 2012, Cambini et Silvestri 2012). Un faible taux de migration altère considérablement l'économie du projet pour deux raisons. D'une part, l'opérateur doit supporter un pic de financement à cause de coûts fixes irréversibles qui ne peuvent être rentabilisés à cause de la faible utilisation du réseau. D'autre part, un faible taux spontané de migration du cuivre vers la fibre retarde la fermeture progressive du réseau cuivre, ce qui engendre une duplication de certains coûts opérationnels et de maintenance, et donc reporte le point mort (Kroes 2011).

Le taux de migration du cuivre vers la fibre est empreint d'incertitude car la demande pour la fibre dépend nécessairement de la disposition à payer des consommateurs, elle-même incertaine, pour les nouveaux services disponibles via un réseau THD. En particulier, à l'époque du début du déploiement

⁷⁴ “An international cross-sectional comparison indicates strong reluctance of European incumbent operators to undertake FTTH/B deployment”

⁷⁵ à cause de revenus trop faibles et/ou de coûts trop élevés

du réseau fibre, l'incertitude concernait la disposition à payer des consommateurs pour visionner des vidéos en très haute définition, améliorer la qualité des jeux en ligne, etc.

Notons que la tâche de commercialisation des offres THD est d'autant plus coûteuse que les externalités de réseaux créées par le THD restent pour l'instant limitées. L'opérateur doit surtout compter sur la disposition à payer des individus pour l'incrément de qualité de service plutôt que sur l'effet boule de neige propre à des services caractérisés par d'importantes externalités de réseaux.

De plus, l'opérateur ne peut que très difficilement prévoir toutes les innovations futures qui vont advenir sur son réseau et leur impact sur la demande future pour les offres THD.

Par conséquent, le risque d'investissement pour les nouveaux réseaux de télécommunications est important et s'explique entre autres par le risque élevé de la demande.

Or, les risques perçus par un telco affectent directement sa décision en matière d'investissement. En particulier, un telco, s'il en a la possibilité, peut choisir de ne pas s'engager à investir tant que de nouvelles informations disponibles ne peuvent le conforter dans le choix d'investissement. Cette flexibilité est forcément valorisable pour l'opérateur car elle permet de réduire le risque d'investissement. Malgré tout, le retard dans le processus de déploiement d'un réseau peut aller à l'encontre des objectifs du plan national de déploiement dans le pays en question et s'avérer sous-optimal pour la collectivité, d'où la nécessité d'une intervention étatique.

Pour répondre à cet enjeu, l'approche par les options réelles est tout à fait intéressante car elle met en lumière la flexibilité des stratégies d'investissement des opérateurs privés. Cette approche est aussi éminemment utile pour le régulateur car elle peut permettre d'évaluer le prix optimal de l'accès qui compense l'opérateur privé à la hauteur de la valeur de l'option réelle afin qu'il accepte de ne pas reporter son investissement (Mathieu Tahon et al. 2014).

4.4 Les niveaux de prix de détail

Le différentiel de prix entre l'abonnement cuivre et l'abonnement fibre est aussi une variable déterminante de l'incitation à investir des telcos dans la fibre. Toutes choses égales par ailleurs,

- un faible prix de l'abonnement cuivre réduit l'incitation des usagers d'Internet à migrer du cuivre vers la fibre, ce qui peut conduire à diminuer l'incitation des telcos à investir en retour dans la fibre. Deux types de FAI peuvent être à l'origine d'une telle diminution du prix de détail sur le marché cuivre. Tout d'abord, les FAI qui ont pris du retard dans le déploiement de la fibre peuvent vouloir limiter la perte de parts de marché face à des concurrents offrant du THD. Ensuite, de nouveaux concurrents peuvent souhaiter rentrer sur le marché du HD et conquérir des parts de marché grâce à une politique tarifaire agressive.
- un faible niveau de prix sur le marché du THD réduit l'incitation des opérateurs à investir. C'est le cas si la concurrence est exacerbée sur ce marché et que les prix induits sont dits « concurrentiels ». Il apparaît justement que la concurrence sur le THD est plus élevée que

sur le cuivre⁷⁶ (Crandall, Eisenach, et Ingraham 2013). En effet, de nouveaux entrants peuvent vouloir utiliser le déploiement de la fibre pour concurrencer l'opérateur historique.

Pour résumer, un certain nombre de facteurs, tels que décrits ci-avant, peuvent conduire l'opérateur privé à ne pas investir autant ou aussi vite que nécessaire dans le réseau fibre. Un sous-investissement a des conséquences néfastes bien au-delà du seul secteur des télécommunications à cause de la corrélation positive qui existe entre l'accessibilité des ménages et des entreprises au THD et la croissance du PIB. Pire encore, un investissement sous-optimal peut conduire à dégrader la compétitivité économique d'un pays, c'est-à-dire sa performance relative. Dans ce cas, tout retard dans le déploiement de la fibre peut impacter à plus ou moins long terme l'économie d'un pays puisqu'il nécessite de mettre en œuvre des efforts importants afin de rattraper les pays ayant bénéficié d'une croissance économique plus élevée grâce à un déploiement optimal d'un réseau fibre. Dans ce contexte, il semble alors indispensable pour chaque État de mettre en œuvre tous les moyens nécessaires au déploiement rapide et efficace d'un nouveau réseau de télécommunications. Afin de répondre à cette exigence, nous développons à la section qui suit l'ensemble des leviers à la disposition des régulateurs afin d'inciter au déploiement d'un réseau fibre.

5 Comment inciter au déploiement de la fibre ?

Nous détaillons une liste de mesures de régulation permettant de répondre à la problématique du déploiement du THD. Notons tout d'abord que malgré la nécessité de l'intervention étatique dans ce domaine, au regard de l'asymétrie d'information existant entre le régulateur et les acteurs privés, le régulateur doit toujours veiller à réduire au maximum le biais que peut apporter une intervention publique sur les signaux-prix de marché suffisamment concurrentiels ou contestables. La menace crédible par l'État d'un déploiement d'une infrastructure parallèle à celle d'un opérateur privé permet justement de répondre à cette dernière problématique.

5.1 Le niveau de prix de gros

La commission Européenne recommandait le 11 septembre 2013 (UE 2013) d'élever les prix de gros sur le réseau cuivre afin d'abaisser l'écart entre les prix de détail de l'accès à l'Internet Haut Débit basé sur le cuivre et celui du Très Haut Débit basé sur la fibre, et d'activer ainsi la migration des abonnés du cuivre vers la fibre. Cette approche répond donc au problème soulevé par N. Kroes en

⁷⁶ « *actual and potential competition to 21st century fiber networks is more significant than the competition initially faced by incumbent telephone companies deploying DSL* » (Crandall, Eisenach, et Ingraham 2013)

2011 (cf. ci-dessus).

Mais dans cette approche, l'augmentation du prix de gros du cuivre a pour effets (Bourreau, Cambini, et Doğan 2012, Cave, Fournier, et Shutova, 2012) :

- premièrement, d'élever mécaniquement le prix de détail des offres Internet Haut Débit (basées sur le cuivre), ce qui encourage les utilisateurs d'Internet à souscrire aux offres Très Haut Débit,
- deuxièmement, d'encourager les opérateurs alternatifs, ne disposant pas de réseau cuivre, à investir dans la fibre, ce qui réduit la demande d'accès au réseau cuivre pour l'opérateur historique,
- troisièmement, d'augmenter le coût d'opportunité pour l'opérateur historique d'investir dans la fibre,
- quatrièmement, d'augmenter mécaniquement la rente des telcos historiques détenteurs de la boucle locale au motif de leur fournir les moyens de financer la migration vers le THD. Mais cette rente supplémentaire favorise l'opérateur historique au détriment de ses concurrents sans justification économique donc sans doute légale et aboutit à la pérennisation du monopole de l'opérateur historique.

L'adoption de cette recommandation allait à l'encontre de la position prise des opérateurs alternatifs qui soutenaient quant à eux la proposition de diminuer le prix de gros du cuivre afin de diminuer la rente du cuivre et inciter en conséquence les opérateurs historiques à fermer ce réseau⁷⁷.

5.2 Les pauses réglementaires (*regulatory holidays* en anglais) et la dérégulation

L'obligation d'ouverture associée à une régulation strictement basée sur les coûts de déploiement, sans prise en compte du risque d'investissement, ne peut être incitative au déploiement d'une nouvelle infrastructure de réseau. Un opérateur est incité à investir seulement s'il anticipe qu'il rentabilisera son investissement en fixant des prix relativement élevés sur la base d'un pouvoir de marché. La première solution consiste alors à instaurer une régulation plus souple de l'accès, incluant une prime de risque. La deuxième solution consiste tout simplement à ne pas réguler l'accès au réseau pendant une certaine période. En pratique, le régulateur peut implémenter cette solution de deux manières différentes.

Premièrement, le régulateur choisit d'annoncer des *regulatory holidays* qui consistent à ne pas réguler les opérateurs historiques jusqu'à un certain point, une date ou un autre critère tel que le pourcentage de fibre déployé. En Turquie par exemple, le régulateur n'a pas soumis l'opérateur dominant à une obligation d'accès tant que la pénétration de la fibre n'excédait pas 25% (OECD, 2014). Par ailleurs, le régulateur peut aussi préciser s'il régulera ou non, avec certitude, l'accès au réseau au-delà du point

⁷⁷ D'après l'étude du cabinet WIK 2010 pour l'European Competitive Telecommunication Association (ECTA) lors de la "Regulatory Conference" en 2010

pour lequel il s'est engagé. L'intérêt de cette politique est de donner la possibilité à un ou des opérateurs de bénéficier d'un pouvoir de marché pendant la première phase de développement du marché THD de manière à réduire le risque d'investissement. En situation de faible concurrence en infrastructure, cette politique peut inciter un opérateur à déployer le réseau fibre puisqu'un prix d'accès libéralisé peut lui permettre de se soustraire, au moins temporairement, à une concurrence en services, donc d'augmenter son prix de détail et d'améliorer la rentabilité de l'investissement (Nitsche et Wiethaus, 2011). Cette politique est donc d'autant plus incitative que la concurrence sur le marché est faible car l'opérateur dominant qui investit est en mesure d'utiliser son pouvoir de marché pour fixer des prix de détail élevés.

Si une pause réglementaire pour une durée limitée peut être incitative, *a fortiori*, le choix politique d'une dérégulation des prix de gros, sans obligation d'ouverture devrait inciter encore davantage les opérateurs à investir dans un nouveau réseau. Malgré tout, l'opérateur, même dans cette situation, ne peut être garanti qu'il ne fera jamais l'objet d'une régulation de l'accès à cause de possibles changements législatifs.

Aux États-Unis, les câblo-opérateurs et opérateurs de télécommunications ne sont pas soumis à une obligation d'ouverture. L'objectif était d'encourager les opérateurs privés au déploiement des réseaux THD et en particulier du réseau fibre. Finalement, les résultats sont mitigés dans la mesure où le déploiement du réseau fibre s'est restreint à quelques petites villes grâce à des initiatives publiques et au projet Google Fibre.

En Corée, grâce à une concurrence en infrastructures sur le réseau fibre, le régulateur n'oblige pas non plus les opérateurs de télécommunications à ouvrir leur réseau. La compétition en infrastructure sur le réseau fibre a émergé car les pouvoirs publics ont encouragé les opérateurs d'immeuble à équiper les appartements d'un accès multicâbles en fibre optique. Pour ce faire, les pouvoirs publics ont mis en place un système de certifications, le « *The Building Certification Programme* », qui donne des éléments d'information sur le niveau d'équipement en télécommunications du logement. Ainsi, le régulateur n'a pas eu besoin d'obliger les opérateurs d'immeuble à équiper les immeubles et les logements. Ce système très incitatif a fonctionné car les certifications sont valorisables sur le marché de l'immobilier⁷⁸.

Deuxièmement, le régulateur peut choisir de façon volontaire de ne pas s'engager à ne pas réguler l'opérateur qui souhaite investir dans le nouveau réseau. Il laisse alors planer le doute sur une possible régulation de l'accès dans les semaines, les mois ou les années à venir. Le régulateur Canadien se

⁷⁸ “Introduced in July 1999, BCP is now the de facto standard for in-building wiring, especially in multidwelling residential units. 28.8% of Korean households comply with BCP (13.2% with “supreme grade”, 60.9% with “first grade”, and 25.9% with the “second grade”). Source: OECD 2013

refusait par exemple d'annoncer clairement sa politique d'obligation d'ouverture tant que le réseau fibre n'était pas déployé (Crandall, Eisenach, et Ingraham 2013).

5.3 Le co-investissement et le partage de réseau

Le co-investissement consiste au partage de certains coûts d'investissement, que ce soit *ex-ante* ou *ex-post* le déploiement d'une infrastructure de réseau. *Ex-ante*, plusieurs types d'accords existent entre les opérateurs qui souhaitent investir (Bourreau, Cambini, et Hoernig 2012). Les opérateurs peuvent par exemple partager les coûts fixes des tranchées afin de déployer plusieurs câbles en fibre optique. Ils peuvent aussi trouver un accord sur un partage du territoire et s'offrir mutuellement l'accès via une offre en dégroupage total ou une offre *bitstream* si l'architecture du réseau est de type GPON.

Le co-investissement est utilisé dans de nombreux pays pour le déploiement de la fibre (ex : Switzerland, New-Zealand, Italy, France) car il permet aux opérateurs de diminuer les coûts d'investissement et opérationnels d'exploitation du réseau.

Les opérateurs ont naturellement intérêt à coopérer pour les zones les moins denses surtout s'ils ne disposent pas de position dominante. Rendon Schneir et Xiong (2013) ont montré, sur la base d'une moyenne des données disponibles sur le co-investissement des réseaux FTTH en France, en Allemagne et en Grande Bretagne, qu'un opérateur historique, qui ne partage pas son réseau, supporte un coût par « maison connectée » supérieur à celui des opérateurs alternatifs qui déploient un réseau partagé, dès lors que sa part de marché est inférieure à la part de marché cumulée des opérateurs alternatifs. Ce résultat provient naturellement du fait que les rendements sont croissants et que le coût moyen diminue avec la demande.

Les régulateurs s'intéressent de près au co-investissement car il peut permettre dans certaines circonstances d'augmenter la couverture des réseaux THD. Inderst et Peitz (2012) ont montré que le co-investissement *ex-ante* pouvait dans le cadre d'un partage des coûts permettre d'augmenter la couverture d'un réseau et réduire la duplication des réseaux et par voie de conséquence l'inefficience du déploiement. En revanche, d'après Marc Bourreau (2013), le co-investissement ne conduit pas nécessairement à une augmentation de la couverture si l'opérateur en situation de monopole est le seul à pouvoir couvrir les zones les plus coûteuses. C'est précisément le cas lorsque la somme des profits des opérateurs qui co-investissent est inférieure au profit du monopole. Cette situation est susceptible d'exister si la concurrence a un effet positif sur la demande totale, ce qui est vraisemblable si les préférences individuelles sont très hétérogènes.

Pour résumer, les opérateurs privés peuvent être incités à co-investir dans les zones rurales. Si le co-investissement n'engendre pas de comportements collusifs, ces accords semblent bénéfiques pour la société. Ils ont potentiellement un effet positif sur le taux de couverture de réseaux THD, *in fine* sur

le taux de pénétration du THD. Ils réduisent par la même occasion le montant des subventions publiques nécessaires afin d'atteindre les objectifs d'un Service Universel. Le régulateur a souvent un rôle important à jouer afin d'encourager et accompagner les opérateurs privés à co-investir. Si jamais le régulateur choisit de réguler l'accès au réseau fibre déployé, il doit s'assurer que la régulation de l'accès ne dés-incite pas les opérateurs à co-investir. En fait, la relation entre le prix d'accès et le niveau de co-investissement des opérateurs privés ne semble pas être linéaire (Marc Bourreau 2013). Le prix optimal de l'accès est donc difficile à évaluer.

5.4 Taxer ou subventionner pour augmenter la couverture des réseaux THD

L'intervention de l'État via des taxes ou des subventions semble nécessaire lorsque les opérateurs privés n'investissent pas dans les zones peu denses, non rentables. Remarquons que cette problématique est d'autant plus prégnante que la concurrence dans les zones denses est accrue et que les opérateurs ne peuvent effectuer une péréquation des revenus et des coûts au niveau national.

Si l'État décide de taxer ou de subventionner pour étendre la couverture en THD, dans les deux cas, le régulateur doit veiller à ce que l'intervention de l'État ne se substitue pas à l'initiative privée et n'altère pas l'incitation des opérateurs à investir dans la fibre. Une taxe sur l'ancienne technologie semble alors intéressante puisqu'elle permet, d'une part, de financer un fonds universel pour couvrir les zones peu denses, d'autre part, d'inciter les opérateurs à investir dans la nouvelle technologie. Le gouvernement britannique avait par exemple proposé de taxer les lignes non basées sur la fibre à hauteur de sept euros (M. Cave et Martin 2010).

En Europe, la Commission Européenne a émis un certain nombre de recommandations qui conditionnent les subventions publiques (European Commission, 2010b). Les subventions par l'État pour le déploiement sont recommandées surtout pour les zones dites blanches où les offres Internet sont très limitées et où aucun opérateur privé ne projette d'investir dans les trois années à venir. À l'inverse, l'intervention étatique n'est pas considérée comme nécessaire dans les zones denses où au moins deux opérateurs se concurrencent entre eux (OECD, 2014). En fait, comme la situation aux États-Unis nous l'enseigne, une concurrence en infrastructure, entre câblo-opérateurs et opérateurs de télécommunications, permet certes d'assurer une couverture en THD via le réseau câble, mais ne semble pas suffisante afin d'assurer une accessibilité des ménages aux offres THD. En effet, le câblo-opérateur est en mesure de préempter le marché en améliorant rapidement son réseau câble pour offrir du THD, ce qui l'amène ensuite à user de sa position dominante en fixant des prix de monopole. Dans ce cas, une solution pourrait consister à construire un réseau public subventionné, même dans certaines zones dites denses, ouvert à d'autres concurrents afin de promouvoir une concurrence en services en vue d'abaisser les prix de détail sur le marché fixe du THD.

Dans nombre de pays, la subvention publique a surtout été utilisée pour les zones peu denses afin

d'augmenter la couverture des réseaux THD. La Suède a été l'un des premiers pays, fin des années 90's, à subventionner le déploiement de la fibre dans les zones rurales où vit environ 85% de la population. L'État a en effet garanti un accès à un réseau fibre ouvert à proximité de chaque habitation. Il revenait ensuite aux ménages de supporter le coût de connecter leur habitation au réseau. Chaque ménage était cependant incité à investir pour se connecter au réseau fibre grâce à un rabatement fiscal et au bénéfice qu'apporte un accès à Internet THD sur la valeur foncière de leur habitation (Babaali 2013).

En France, le « Plan France Très Haut Débit » est l'exemple typique d'un système de subventions publiques pour le financement dans les zones peu denses. Adopté par le gouvernement en Février 2013, l'objectif du Plan est de couvrir l'intégralité du territoire en Très Haut Débit d'ici 2022 grâce à un réseau FTTH dans les zones denses et un mixte technologique dans les zones peu denses. Dans les zones les moins denses où l'initiative privée est insuffisante, les collectivités locales ont pour mission de définir des Réseaux d'Initiatives Publiques (RIP) et d'organiser des appels d'offres afin de sélectionner l'opérateur le plus efficace, en vue de minimiser le montant des subventions à accorder. L'opérateur local qui gagne un appel d'offres est un opérateur de gros, le tarif d'accès à son réseau est régulé. Cet opérateur de gros n'est pas autorisé à offrir des accès à Internet, à moins qu'il ne crée une filiale indépendante respectant le principe d'équivalence des « *inputs* ». Il est important de noter que ce système n'interdit pas à un autre opérateur, à la suite d'un appel d'offres auquel il n'aurait pas participé ou qu'il aurait perdu, de déployer indépendamment et en parallèle son propre réseau. En d'autres termes, il se peut que les subventions d'État financent *in fine* un réseau dupliqué. En fait, l'inefficacité de la duplication des coûts fixes est toute relative puisque la décision d'investir de l'État peut constituer une menace crédible comme nous l'expliquerons dans la suite de cet essai.

5.5 Le déploiement d'un réseau public subventionné

Le déploiement par une entité publique d'un réseau de télécommunications couvrant l'ensemble d'un territoire national peut répondre à la priorité des gouvernements d'assurer l'accessibilité des offres THD pour l'ensemble de la population. En pratique, l'État peut faire face à un certain nombre de difficultés opérationnelles pour établir une entente avec les opérateurs privés. Ces derniers peuvent se sentir non seulement exclus dans le processus de déploiement mais aussi injustement compensés pour la perte de rentes historiques sur leur propre réseau cuivre ou câble. De plus, par définition, un projet subventionné n'a pas pour objet principal d'être rentable ; l'État peut donc être amené à surévaluer les bénéfices sociaux et construire des projets trop ambitieux et très coûteux pour les contribuables. Le cas Australien illustre ce risque.

Initialement, le gouvernement Australien, en créant en 2009 la compagnie NBN co., un opérateur de gros, avait pour objectif de déployer un réseau fibre FTTH entièrement ouvert à l'accès pour les autres

opérateurs⁷⁹. Un rapport de force s'est alors engagé entre Telstra et NBN co. pour la compensation financière de la fermeture du réseau cuivre et de l'accès aux tranchées de Telstra, ce qui a fortement retardé le déploiement du réseau THD dès le commencement du projet (Beltrán 2013). De plus, l'objectif initial de couvrir 93% de l'ensemble de la population en FTTH semblait disproportionné dans la mesure où le territoire australien est fortement hétérogène en termes de densité de population (Australian Government 2014). Le gouvernement a donc été obligé de modifier ses lignes directrices fin 2014 et choisir un mixte technologique dans les régions peu denses encore à déployer⁸⁰. Telstra a aussi accepté, pour un montant de 11 milliards de dollars, la nouvelle proposition de rachat de son réseau cuivre et câble par NBN co.⁸¹.

Pour résumer, la réussite du déploiement d'un réseau fibre par l'État, via une entité publique ou un opérateur subventionné, dépend fortement du contexte et de l'environnement concurrentiel. Si comme en Australie, les opérateurs privés sont déjà en mesure de proposer du HD voire du THD via le réseau câble, le réseau fibre subventionné concurrence alors fortement les opérateurs privés qui souhaitent légitimement être compensés pour les coûts d'opportunité induits. Si au contraire, dans certaines zones, le(s) opérateur(s) propose(nt) des connections de très faible qualité, le déploiement d'un réseau fibre subventionné peut dans une certaine mesure inciter l'opérateur privé dominant à déployer son propre réseau (voir la sous-section qui suit).

5.6 La menace crédible d'un réseau subventionné

Comme nous le montrerons à la section suivante, la menace crédible de la part de l'État d'un réseau subventionné peut être un moyen relativement efficace afin d'inciter un opérateur privé à déployer une nouvelle infrastructure. La menace d'un réseau subventionné peut devenir crédible aux yeux de l'opérateur privé dès lors qu'il anticipe que l'État, à cause du coût irrécupérable déjà engagé,

⁷⁹ Telstra, l'opérateur historique qui détient le réseau cuivre et Optus, le câblo-opérateur

⁸⁰ "The technologies to be used in completing the NBN include fibre to the node/basement/ distribution point (FTTN/FTTB/FTTdp), fibre to the premises (FTTP), hybrid fibre coaxial (HFC), fixed wireless and satellite"
http://www.minister.communications.gov.au/malcolm_turnbull/news/nbn_co_to_roll_out_new_multi-technology_mix#.VenCN5fLJCE

⁸¹ Parallèlement, le régulateur a obligé la séparation fonctionnelle des opérateurs alternatifs qui investissent seulement dans les zones denses. La société TPG avait par exemple déjà commencé à déployer son propre réseau fibre uniquement dans les zones les plus rentables (denses) sans participer au financement des zones peu denses.

<http://www.news.com.au/technology/online/nbn-co-telstra-and-optus-reach-deal-for-copper-and-hfc-networks/story-fnjwncel-1227156324494>

continuera à investir si jamais lui-même n'investit pas dans le réseau. Si cette menace est crédible, l'opérateur préférera déployer son propre réseau plutôt que de dépendre du réseau subventionné.

Le phénomène de la menace crédible se retrouve dans bien d'autres situations. Dixit (1982) a par exemple montré qu'une entreprise historique peut avoir intérêt à engager des coûts irréversibles, en augmentant par exemple ses capacités de production, afin d'empêcher de nouveaux entrants d'entrer sur son marché. Dans son modèle, l'entreprise historique « s'engage » lorsqu'elle choisit de supporter un coût fixe irréversible d'investissement qui lui permet de mieux gérer la « guerre des prix » si jamais l'entrant rentre sur son marché. Or l'entrant ne choisit pas de rentrer sur le marché s'il constate, au travers du coût fixe irréversible engagé, que l'entreprise historique est prête pour la « guerre des prix ». En conséquence, si l'entreprise historique « s'engage », elle gardera sa position dominante. L'engagement d'un coût irréversible par l'entreprise historique constitue donc une menace crédible de « guerre des prix ». C'est un moyen de restreindre l'entrée de nouveaux concurrents sur le marché.

Pour notre cas, si l'État « s'engage » en déployant partiellement le réseau fibre, l'opérateur privé anticipe que s'il ne déploie son réseau, l'État le fera et il devra dépendre du réseau subventionné pour offrir les services Internet. Cette situation n'est pas souhaitable pour l'opérateur privé, ce qui l'amène ainsi à déployer son propre réseau.

En conséquence, même si le secteur privé ne souhaite *a priori* pas s'engager dans des investissements coûteux et possiblement non rentables, dans certains cas, le déploiement de tout un réseau subventionné n'est pas utile. Le déploiement partiel d'un réseau subventionné peut suffire à inciter l'opérateur dominant à totalement déployer sa propre infrastructure. Nous exposons formellement ce problème au travers d'un modèle simple tel que présenté dans la section suivante.

6 Un modèle d'incitation au déploiement d'une infrastructure par la menace crédible

La théorie des jeux est intéressante lorsqu'il convient de comprendre les mécanismes à l'œuvre lors de prises de décision. C'est particulièrement vrai lorsque l'enjeu est de rendre compte des incitations du régulateur et des acteurs privés à l'investissement et que chacune des parties prenantes anticipent le comportement des autres parties. Pour simplifier, seuls deux acteurs sont supposés exister dans notre cadre d'analyse : l'État via l'opérateur subventionné et un opérateur privé historique⁸² qui dispose d'un réseau cuivre. Tous deux peuvent potentiellement investir dans le réseau fibre. Chacun

⁸² *incumbent* en anglais

des deux acteurs, le régulateur comme l'opérateur historique, prennent la décision d'investir ou non dans le réseau en fonction de leur anticipation sur la décision de l'autre joueur.

Nous présentons un jeu simple, séquentiel, à trois étapes. Tout d'abord, l'État va choisir ou non d'investir partiellement dans le réseau fibre. L'investissement partiel est un coût irrécupérable. Dès lors, même si l'État décide de ne pas continuer le déploiement de la fibre, il ne pourra pas recouvrer les coûts déjà engagés. L'opérateur historique observe ensuite l'investissement de l'opérateur subventionné et décide d'investir totalement ou non dans le réseau. Enfin, l'opérateur subventionné décide ou non d'investir totalement dans le réseau fibre.

Nous supposons que l'État internalise un bénéfice social, noté S , avec $S \geq 0$, du fait de la construction d'au moins un réseau fibre qu'il soit déployé par l'opérateur subventionné ou par l'opérateur privé. Le bénéfice social peut inclure l'effet d'un réseau THD sur des indicateurs macroéconomiques tels que l'emploi, la croissance, etc., l'accès des usagers à l'information et aux services publics offerts en ligne (e-government), l'efficacité des systèmes de santé et l'accès aux soins (e-health), l'efficacité des services éducatifs (e-learning), le télétravail, la congestion routière, etc. Le coût de déploiement total et partiel pour l'État d'un réseau subventionné sont notés respectivement par D et d avec $D > 0$ et $d > 0$.

Hypothèse 1 : Nous supposons naturellement que le coût de déployer partiellement l'infrastructure est inférieur au coût total de déployer l'ensemble de l'infrastructure, nous avons : $0 < d \leq D$

Dans le cadre de ce modèle, trois situations sont envisageables :

- **Situation 1 :** les usagers n'ont pas accès au THD car le réseau fibre n'est déployé ni par l'État ni par l'opérateur privé. Dans ce cas, seul l'opérateur en situation de position dominante sur le marché du HD est le bénéficiaire de cette situation,
- **Situation 2 :** les usagers ont accès au THD mais il n'existe pas de concurrence en infrastructures : le réseau fibre est déployé par un seul acteur, soit par l'opérateur subventionné, soit par l'opérateur historique,
- **Situation 3 :** les usagers ont accès au THD et il existe une concurrence en infrastructures : le réseau fibre est dupliqué car l'État comme l'opérateur privé investissent en propre dans un réseau fibre.

Tableau 1: Notation des profits de l'opérateur historique

Variable	Description
π_d^f	Profit de l'opérateur historique en situation de duopole avec l'opérateur subventionné sur le marché fibre
π_m^f	Profit de l'opérateur historique en situation de monopole sur la fibre
π_m^c	Profit de l'opérateur historique en situation de monopole sur le cuivre sans déploiement d'une infrastructure fibre subventionnée
π_0^f	Profit de l'opérateur historique en situation de monopole sur le cuivre n'ayant pas déployé la fibre et ayant accès au réseau subventionné.

Hypothèse 2 : nous supposons que l'opérateur historique, préfère toujours garder sa position de monopole sur le cuivre plutôt que de reconstruire une position dominante sur la fibre, nous avons : $\pi_m^c > \pi_m^f$. En effet, comme nous l'avons déjà mentionné, l'opérateur qui investit dans un réseau fibre a souvent l'obligation d'ouvrir son réseau à d'autres concurrents et il peut alors devenir plus difficile pour l'opérateur historique de garder un fort pouvoir de marché sur le marché du THD. On suppose par ailleurs que l'opérateur historique préfère toujours offrir un service Internet via son propre réseau plutôt que de dépendre du réseau subventionné, nous avons : $\pi_m^f > \pi_0^f$.

Hypothèse 3 : nous supposons que le bénéfice net pour l'État d'investir dans le réseau fibre est négatif. Nous avons $S - D < 0$. En d'autres termes, on suppose que l'État ne souhaite pas supporter à lui seul le coût de tout un réseau fibre. Une des raisons peut être que le coût de déploiement par l'État est trop élevé relativement aux bénéfices attendus. En effet, comme c'était le cas en Australie, l'opérateur historique dispose souvent de tranchées nécessaires au déploiement des câbles en fibre optique. Si l'État souhaite déployer son propre réseau, il doit alors compenser l'opérateur historique pour l'accès aux tranchées ou alors construire de nouvelles tranchées, ce qui peut déséquilibrer l'équilibre financier du projet.

Le modèle est illustré sous forme extensive au Graphique 16. Il se résout par induction arrière, c'est-à-dire en sens contraire de la temporalité des prises de décisions. Au bout de chaque branche de l'arbre, nous notons les couples de gains (G_S, G_H) avec G_S le bénéfice net pour l'État (ou le régulateur) et G_H le bénéfice net pour l'opérateur historique.

• **En étape 1 :**

- Nous savons que $S - D < S - d$ d'après l'Hypothèse 1, $S - D < S$ car $D > 0$ et $S \geq 0$, enfin $S - D < 0$ d'après l'Hypothèse 3,

- Si $S - D > -d$, nous déduisons qu'après avoir engagé un coût fixe irréversible de d , dans le cas où l'opérateur historique ne déploie pas le réseau fibre, l'État choisira de terminer de déployer le réseau.

- **En étape 2 :**

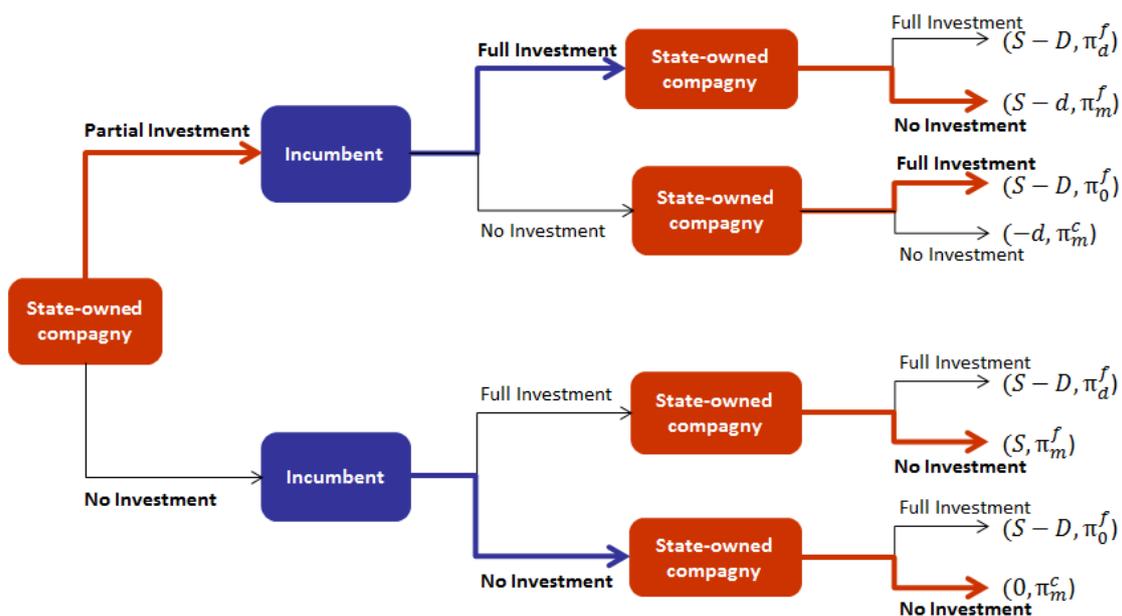
- Nous savons que $\pi_m^f > \pi_0^f$ et $\pi_m^c > \pi_m^f$ d'après l'Hypothèse 2,
- Nous déduisons que si l'État décide de s'engager par un investissement partiel dans le réseau, l'opérateur historique choisira alors de déployer totalement son propre réseau fibre. Inversement, si l'État ne s'engage pas, l'opérateur n'investira pas dans le réseau et les usagers ne pourront pas bénéficier du THD.

- **En étape 3 :**

- La dernière étape se situe au premier nœud de l'arbre
- L'État choisira de s'engager si $S - d > 0$.

Sous les hypothèses et les conditions précédemment citées, pour chaque étape de la résolution par induction arrière, les décisions conditionnelles de chaque joueur sont illustrées par les branches en gras.

Graphique 16: Modélisation sous forme extensive du modèle de la menace crédible



Propriété : sous les Hypothèses 1, 2, et 3, et sous les conditions $S - D > -d$ et $S - d > 0$, l'État choisira de déployer partiellement le réseau conduisant l'opérateur historique à déployer totalement son propre réseau fibre. Par conséquent, sous la condition suivante $S > d > D - S$, l'investissement partiel constitue une menace crédible pour l'opérateur privé. On conclut qu'il existe un seuil d'investissement irrécupérable, $D - S$, au-dessus duquel la menace d'un réseau subventionné devient crédible. En dessous de ce seuil, même après avoir investi partiellement dans le réseau, l'État ne

choisira pas de continuer de déployer, donc la menace n'est pas crédible.

Jusqu'à présent nous avons considéré un jeu en information complète, c'est-à-dire un jeu dans lequel chaque joueur a connaissance des bénéfices nets de l'autre joueur. Pourtant, comparé à d'autres coûts plus objectifs comme d et D , probablement observables par les deux joueurs, nous pouvons penser que le bénéfice social de la fibre S est plus difficilement observable par l'opérateur privé. Il s'en suit que l'opérateur privé peut surestimer ou bien sous-estimer le bénéfice social de la fibre. Le régulateur peut aussi « mentir » sur la vraie valeur sociale de la fibre et annoncer une valeur surestimée de façon à ce que certaines menaces non crédibles le deviennent.

Proposition : en information incomplète, si le coût irréversible est trop faible et que nous avons $d + \tilde{S} \leq D$, avec \tilde{S} la croyance de l'opérateur historique sur la vraie valeur S , alors la menace n'est pas crédible, ni l'opérateur historique, ni l'État ne vont investir.

Il semble *a priori* possible que l'État mette en place des plans de communication visant à augmenter \tilde{S} . Sous l'hypothèse que le coût marginal de \tilde{S} est croissant, nous déduisons simplement que tant que le coût marginal de \tilde{S} est inférieur à l'unité, l'État choisira d'abord d'augmenter \tilde{S} avant d'investir dans l'infrastructure.

Pour conclure, ce modèle simple permet de mieux comprendre le mécanisme de la menace crédible lorsqu'il est appliqué au secteur des télécommunications et au déploiement de la fibre en particulier. La menace crédible de la part d'un régulateur semble alors tout à fait utile afin d'inciter au déploiement d'une infrastructure par un opérateur privé en situation de monopole. Nous illustrerons notre propos au travers de deux exemples aux sections suivantes.

7 La menace crédible pour le déploiement d'un réseau fibre, un cas français à un niveau local

Nous présentons ci-après un exemple français de menace crédible d'un opérateur subventionné pour le déploiement de la fibre. Il semble en effet que l'engagement des collectivités locales ait conduit ou du moins incité l'opérateur historique à avancer son plan de déploiement de la fibre et annoncer la couverture totale en FTTH dans certaines zones.

7.1 Historique de la situation

La Communauté d'Agglomération Europ' Essonne a confié en Novembre 2011 à la société Tutor une Délégation de Service Public (DSP) pour déployer un réseau FTTH dans 10 communes. Quatre

communes étaient considérées comme prioritaires dans la mesure où elles étaient mal desservies en ADSL. Orange n'avait pas participé à l'appel d'offres lancé par la collectivité locale. Malgré cela, l'opérateur historique avait annoncé qu'il envisageait de déployer la fibre à l'horizon de 2015 dans les quatre communes prioritaires et à partir de 2015 dans les communes restantes. Les conditions de la DSP prévoyaient de subventionner Tutor afin d'équilibrer son plan d'affaires (environ 10M€), les investissements ne pouvant pas être rentabilisés en l'absence de cette subvention.

À la suite des premiers investissements de déploiement effectués par la société Tutor, l'opérateur Orange annonçait qu'il avançait son calendrier de déploiement dans 5 communes (dont les 4 communes prioritaires) de 2015 à 2013.

7.2 La crédibilité de la menace

Orange avait sûrement des raisons de penser que le déploiement d'un nouveau réseau fibre allait cannibaliser ses ventes issues de son réseau cuivre. Dès lors, tant qu'une menace venant de l'extérieur n'était pas crédible, l'opérateur historique n'était *a priori* pas suffisamment incité à investir rapidement dans la fibre. La menace d'un réseau fibre concurrent au réseau cuivre est sûrement devenue crédible dès que la construction d'un réseau subventionné a débuté. En effet, l'investissement public dans le réseau de collecte constitue un coût important irrécupérable pour la collectivité locale qui investit. Aussi, la collectivité est forcée de déployer le réseau tout entier si aucun autre opérateur privé ne se décide à investir. Aujourd'hui, deux réseaux coexistent en parallèle dans les quatre communes dites prioritaires.

À Massy, l'opérateur avait commencé à déployer le réseau de collecte. Nous pouvons donc raisonnablement penser que l'opérateur subventionné aurait choisi de continuer le déploiement dans les zones qui n'auraient pas été couvertes par un opérateur privé tel qu'Orange. La crédibilité de cette menace a semble-t-il conduit Orange à déployer son propre réseau sur l'ensemble de la ville de Massy. Comme nous l'exposerons à la section suivante, la menace crédible, utile à l'échelle locale, peut tout aussi bien s'avérer pertinente à l'échelle d'un pays tel que le Qatar.

8 Le déploiement de la fibre au Qatar par la menace crédible

La situation de la menace crédible, à petite échelle au sein d'une communauté d'agglomérations se retrouve aussi à l'échelle d'un pays de petite taille comme le Qatar. Le projet de déploiement de l'opérateur subventionné qatari semble avoir incité l'opérateur privé à construire très rapidement son propre réseau en vue de garder une position dominante.

8.1 Historique de situation

Historiquement, contrairement à bon nombre de pays développés, l'opérateur historique au Qatar, Ooredoo anciennement dénommé Qtel, était toujours en situation de position dominante sur le marché fixe du HD, basé sur le cuivre. En effet, aucun réseau câble n'avait été déployé en parallèle du réseau cuivre et les fournisseurs satellitaires ne fournissaient jusqu'à présent que des offres TV. De plus, le régulateur n'avait pas le pouvoir de sanction nécessaire pour imposer une obligation d'accès avec un prix régulé permettant d'établir une concurrence en services sur le marché du HD.

Or, comme nous l'avons déjà mentionné, le niveau de concurrence est un facteur déterminant pour expliquer l'incitation des opérateurs à investir dans un nouveau réseau. Il est raisonnable de penser qu'Ooredoo, en tant qu'opérateur en situation de monopole sur le marché du HD, avait peu d'incitations à substituer rapidement le réseau cuivre par le réseau fibre⁸³. Le gouvernement qatari ne pouvait pas non plus compter sur l'initiative de Vodafone pour développer son propre réseau à cause du risque très élevé d'investissement pour un opérateur, n'ayant pas d'antériorité sur le marché fixe, de rentrer sur un marché de petite taille (230 000 prises)⁸⁴.

Pourtant, un déploiement rapide d'un réseau fibre au Qatar était nécessaire afin d'atteindre les objectifs fixés à l'horizon de 2030 du gouvernement qatari quant à la diversification de l'économie et au développement de l'économie digitale (General Secretariat For Development Planning, 2008).

La problématique du déploiement de la fibre était accentuée par l'absence de réseau câble.

Après avoir considéré que la vitesse de déploiement de la fibre par Ooredoo était insuffisante, le « *Supreme Council of Information and Communication Technology* » (ictQATAR) a décidé de créer en mars 2011 un opérateur public de gros nommé Qatari National Broadband network (à la manière de l'opérateur NBN co. en Australie). Cet opérateur à capitaux publics avait pour mandat d'assurer

⁸³ le déploiement de la fibre fut annoncé au mois de mars 2010

http://www.google.fr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCEQFjAA&url=http%3A%2F%2Fhuawei.com%2Flink%2Fen%2Fabout-huawei%2Fnewsroom%2Fpress-release%2FHW_062735%253FKeyTemps%253DFTTH&ei=TpaeVa2zB8H9UvCmgdgK&usg=AFQjCNEMotw-oAnDeu6Z9kMD9_-9I8HbkQ&bvm=bv.96952980,d.d24

<https://www.telegeography.com/products/commsupdate/articles/2010/08/31/qtel-and-huawei-begin-ftth-rollout/>

⁸⁴ Le chiffre 230 000 correspond au nombre de prises à connecter du projet Qtel fibre, le projet de déploiement de la fibre par Ooredoo pour les ménages et les entreprises.

<http://www.huawei.com/en/about-huawei/publications/winwin-magazine/hw-094120.htm>

http://www.ooredoo.qa/en/PR_SIGNING_AGREEMENT_QH

un déploiement rapide de la fibre en couvrant toute la population à l'horizon de 2015. QNBN n'étant pas lui-même opérateur sur le marché de détail, il devait fournir l'accès à son réseau fibre pour tous les opérateurs de détail qui en feraient la demande⁸⁵. Ce projet avait pour mission de permettre aux usagers d'ouvrir le marché et de permettre aux consommateurs de choisir parmi plusieurs opérateurs l'offre Internet la mieux adaptée à leurs besoins. De plus, cette concurrence en services sur une infrastructure unique devait être aussi le catalyseur d'une concurrence en prix en particulier sur le segment des entreprises en vue de dynamiser l'économie digitale avec des services innovants.

Avec un budget annoncé de 550 millions de dollars pour le déploiement de la fibre, l'État qatari se donnait les moyens d'atteindre ses objectifs (« Qatar's National ICT Plan 2015: Advancing the Digital Agenda »). De plus, en signant un accord de Partenariat Public-Privé avec QNBN, les deux opérateurs, Vodafone et Ooredoo semblaient soutenir l'initiative de l'État de déployer un réseau fibre ouvert à tous.

En fait, Ooredoo accélérât en parallèle le déploiement de son propre réseau : six mois plus tard, en janvier 2012, il lançait ainsi sa première offre THD basée sur son propre réseau. Les objectifs alors annoncés d'Ooredoo étaient très ambitieux. Il prévoyait de connecter l'ensemble des ménages avant 2014, soit seulement deux ans après le lancement de ses premières offres THD.

Malgré la volonté affichée d'Ooredoo d'assurer rapidement le déploiement de son propre réseau, QNBN maintenait lui aussi son objectif de déployer un réseau fibre national sur l'ensemble du territoire. En mai 2012, QNBN signait ainsi un accord avec Ooredoo pour avoir accès à ses infrastructures passives et son génie civil pour une durée de 20 ans. En octobre 2012, l'entité publique

⁸⁵ Au regard du contrat de licence de QNBN, il revenait dans un premier temps à l'opérateur qui demande l'accès et à QNBN de négocier sur un prix d'accès au réseau fibre. Si aucun accord n'était trouvé, il revenait alors au ministère de l'information et des technologies de communication de fixer un prix d'accès. La licence de QNBN ne précise pas la méthode exacte qui aurait été appliquée : « If the parties do not reach an agreement within sixty (60) days of the delivery of a Request by the Access Seeker, either party may request the Supreme Council to establish the price, terms and conditions on which the infrastructure access, facilities or related services shall be provided. If the Supreme Council determines that a request is justified, in whole or in part in accordance with the Applicable Regulatory Framework, it may set prices based on actual costs, international benchmarks and or other appropriate cost methodology ».

<http://www.ictqatar.qa/en/news-events/news/qatar-national-broadband-network-company-established>

<https://www.telegeography.com/products/commsupdate/articles/2011/03/29/passive-aggressive-shared-network-to-boost-fibre-coverage-to-95-by-2015/>

budgeta ensuite une somme de 500 millions de dollars⁸⁶ pour déployer le réseau fibre⁸⁷.

À ce stade, le réseau QNBN ne pouvait être construit qu'en parallèle de celui d'Ooredoo puisqu'en mai 2012 Ooredoo avait déjà connecté 126,000 habitations⁸⁸. Fin 2012, deux tiers des habitations, soit 135 000 prises, étaient déjà couvertes par la fibre, ce qui plaça le Qatar en première position au niveau mondial en termes de vitesse de déploiement de la fibre⁸⁹ (Arthur D. Little 2013). Pour finir, en Juin 2013, Ooredoo annonça son intention d'achever la couverture en fibre optique sur son réseau, accomplissant ainsi ses objectifs initiaux d'au moins 95% des ménages couverts par le THD fin 2014. L'opérateur historique, sous la menace d'un déploiement concurrent (ici un opérateur public de gros), a donc accéléré le déploiement de son propre réseau.

8.2 QNBN, une menace crédible pour Ooredoo

De manière semblable au cas français, il ressort que la menace d'une infrastructure subventionnée concurrente à celle de l'opérateur historique force ce dernier à accélérer le déploiement de son propre réseau. En effet, si QNBN avait déployé totalement le réseau fibre, Vodafone, le deuxième opérateur déjà présent sur le marché mobile, aurait probablement acheté des offres de gros de QNBN pour concurrencer Ooredoo sur le marché fixe du THD et sans doute lancer des offres *quadruplay*. La menace de déploiement de la fibre par QNBN n'était suffisamment crédible aux yeux d'Ooredoo dès lors que l'État qatari s'est engagé à investir 550 millions de dollars en Juillet 2011 et que dans la foulée, en 2012, QNBN a inscrit la somme de 500 millions de dollars dans ses comptes puis signé un premier contrat de déploiement avec la firme Ericsson. Ooredoo, risquait alors de perdre sa position monopolistique sur l'infrastructure fixe et c'est probablement la raison qui l'a poussé dans un premier temps à déployer les deux tiers du réseau en fibre optique. Ensuite, Ooredoo était incité à déployer totalement son réseau sachant que l'État s'était décidé à déployer la fibre sur l'ensemble du territoire si jamais un opérateur privé ne déployait pas totalement son propre réseau fibre. À l'heure actuelle, Ooredoo commence à éteindre son réseau cuivre pour éviter la duplication de coûts opérationnels et de maintenance, ce qui est une première mondiale.

Le choix stratégique de l'État qatari d'annoncer et de commencer à s'engager dans le déploiement d'une infrastructure subventionnée a été indubitablement efficace dans la mesure où une faible

⁸⁶ <https://www.telegeography.com/products/commsupdate/articles/2012/10/11/qnbn-underlines-nationwide-2015-target-usd500m-initial-capex/>

⁸⁷ non éloignée du montant initial de 550 millions de dollars annoncé lors de la création de l'entité publique en mars 2011

⁸⁸ <https://www.telegeography.com/products/commsupdate/articles/2012/05/24/qtel-extends-ftth-contract-with-huawei/>

⁸⁹ Exprimée en termes de pourcentage de ménages supplémentaires couverts par la fibre en une année

couverture du réseau fibre de QNBN a été au final nécessaire pour constituer véritablement une menace crédible. Remarquons aussi que, contrairement aux taxes sur les opérateurs privés, la menace crédible de déploiement d'un réseau ne modifie en rien les signaux-prix sur le marché. L'intérêt de cette stratégie de régulation est aussi de limiter les potentiels biais d'une régulation inadéquate causée par l'asymétrie d'information entre le régulateur ou l'État et les opérateurs.

9 Le nouvel enjeu au Qatar, une régulation de l'accès pour davantage de concurrence

9.1 La problématique actuelle

Le Qatar dispose dorénavant d'un réseau fibre qui couvre l'ensemble des ménages. L'objectif du gouvernement qui était d'encourager à la migration vers la fibre⁹⁰ (ICTQatar 2013) est donc atteint. Ooredoo a en effet déployé son propre réseau fibre plus vite que ce qui était recommandé pour QNBN⁹¹, à la différence près que le réseau fibre est aux mains de l'opérateur privé, Ooredoo, plutôt que d'être détenu par l'opérateur public, QNBN.

Le réseau fibre est donc construit mais il n'est pas ouvert pour tous les opérateurs puisque Ooredoo préfère naturellement garder sa position dominante sur ce marché. Ooredoo peut ainsi profiter, au détriment du consommateur, de sa situation de monopole sur le marché fixe du THD. En effet, le marché ne semble pas contestable pour deux raisons.

Premièrement, la couverture du réseau public de QNBN est très faible et le gouvernement qatari n'est semble-t-il pas décidé à continuer d'investir dans le réseau fibre. En effet, le projet de QNBN ne pourra être équilibré financièrement, au moins à moyen terme, car la part de marché du(des) opérateur(s) présent(s) sur le réseau de QNBN sera insuffisante pour couvrir les dépenses encourues. Au demeurant, même à supposer que le marché sera, à moyen ou long terme, également divisé entre les deux opérateurs, la duplication des coûts fixes conduirait à augmenter les coûts moyens, donc les prix de détail pour les consommateurs (Shutova 2013). En d'autres termes, dans le cas d'une duplication du réseau, l'effet pro-concurrentiel sur les prix de détail pourrait être contrebalancé par l'augmentation des coûts moyens.

Deuxièmement, l'investissement dans un réseau fibre constitue une large barrière à l'entrée pour un nouvel entrant tel que Vodafone. En effet, à court terme, la part de marché de l'opérateur concurrent

⁹⁰ « *Encouragement acceleration of migration to fiber [...]* »

⁹¹ « *QNBN aims to reach a coverage target of 95 percent of all households nationwide by 2015* » (ICTQatar 2015)

ne permettra pas de couvrir le coût moyen. À long terme, l'opérateur ne peut pas non plus être assuré d'une part de marché suffisamment élevée pour être rentable. Cette incertitude élève mécaniquement le coût du capital et donc le coût total de l'investissement, rendant encore plus invraisemblable l'hypothèse d'une concurrence en infrastructure.

Le marché ne semble donc pas contestable. Il s'en suit qu'Ooredoo est en mesure de fixer des prix excessifs sur le marché des ménages et des entreprises. En l'occurrence, les tarifs des offres THD sont très nettement supérieurs aux prix moyens dans l'ensemble des pays de l'OCDE. Par exemple, en 2013, une offre THD dédiée aux ménages qui délivre un débit supérieur à 45 Mbps était en moyenne trois fois plus chère au Qatar que dans les pays de l'OCDE (The Telecommunications Regulatory Authority 2014).

Consécutivement, le taux d'adoption des offres Internet THD est très faible. Au dernier trimestre 2014, seuls 27% des ménages disposaient d'un accès à Internet THD avec un débit supérieur à 10 Mbps, alors que paradoxalement à cette même époque le pays était totalement couvert par la fibre⁹².

9.2 La nécessité de réguler l'accès au réseau fibre d'Ooredoo

L'un des objectifs du régulateur est maintenant d'assurer des prix compétitifs afin de répondre aux grands enjeux du Qatar National Broadband Plan : « *Ninety-five percent of households to have the ability to access affordable and high-quality broadband service of at least 100 Mbps effective download and 50 Mbps effective upload speeds by 2016* ».

Pour atteindre cet objectif, il semble dorénavant nécessaire d'implémenter les recommandations et la stratégie initiale du gouvernement⁹³, en l'occurrence d'introduire une concurrence en services⁹⁴.

Nous pouvons en effet espérer un impact positif et substantiel de la concurrence en services sur les prix de détail. En tout cas, le dégroupage total des réseaux cuivre dans les pays de l'OCDE a permis d'activer une vraie concurrence en services et a conduit à une diminution des prix de détail (OECD,

⁹² « *National FTTH coverage by 2014: reached* » (Idate consulting 2014)

⁹³ « *As it is not envisaged that ISPs will be willing to compete at the passive infrastructure layer (due to the expensive active equipment requirements to "light" the fiber), access to the service layer of existing operators' networks will need to be provided on a non-discriminatory and transparent basis* » (ICTQatar 2013)

⁹⁴ De même, il est raisonnable de penser que la concurrence en services devrait avoir un impact positif sur le niveau de QdS. En effet, la concurrence en services devrait permettre aux usagers de changer d'opérateur en cas d'une dégradation substantielle de la QdS, ce qui devrait avoir pour effet de limiter de potentiels pratiques discriminantes en fonction du type de contenu, de la destination ou de la source. Cela suppose que le régulateur continue d'améliorer l'information auprès des consommateurs sur la QdS et de promouvoir la réduction des coûts de changement entre les opérateurs.

2008)⁹⁵. Ces mêmes effets ont aussi été observés dans les pays d’Afrique du Nord et du Moyen Orient (Booz&co, 2008). Même si de par son architecture GPON le réseau fibre se distingue du réseau cuivre, nous pouvons espérer qu’une obligation d’ouverture et une régulation de l’accès dans un marché aussi concentré que celui du Qatar conduira à une diminution substantielle des prix de détail. En pratique, comme l’a déjà fait remarquer le ministère qatari de l’information et des technologies de communication, l’introduction d’une concurrence en services suppose que le régulateur qatari soit totalement indépendant et détienne un pouvoir de sanction⁹⁶. En effet, le pouvoir de négociation de Vodafone pour la fixation des prix de gros semble très limité. En l’absence de régulation de l’accès, Ooredoo est libre de fixer un prix d’accès très élevé et d’évincer l’entrée de nouveaux concurrents. En d’autres termes, les mesures de résolution de conflits, en l’absence de pouvoir de sanction, ne peuvent suffire à elles seules pour garantir un prix raisonnable de l’accès au réseau fibre. Le nouveau pouvoir de sanction devrait permettre au régulateur d’imposer des offres de gros qui encouragent l’entrée d’au moins un nouvel opérateur.

Au demeurant, la question en suspens est la suivante : quel prix régulé de gros faut-il fixer ? Lorsque le réseau fibre n’est pas encore déployé, le régulateur doit veiller à ce que la régulation de l’accès ne dés-incite pas les opérateurs à investir dans les nouvelles technologies de réseaux (Bourreau, Cambini, et Hoernig 2012). Au Qatar, le réseau fibre a déjà été déployé mais cette question reste tout de même d’actualité. En effet, le prix d’accès, fixé *ex-post*, doit permettre de compenser suffisamment l’opérateur privé pour les coûts et le risque d’investissement. Ooredoo pourrait alors faire valoir un certain nombre de risques tels que le risque d’être régulé, le risque d’une infrastructure subventionnée, etc. *A priori*, ces risques ne doivent pas être pris en compte par le régulateur dans la mesure où ils sont consécutifs des effets anti-concurrentiels de la position dominante d’Ooredoo. En d’autres termes, il convient d’apprécier les risques initiaux qu’aurait supporté Ooredoo dans le cadre d’un scénario purement hypothétique de concurrence sur le marché fixe, tels que le risque de demande de long terme, le risque de migration des ménages et des entreprises du cuivre vers la fibre, le risque de développement de technologies concurrentes, etc.

⁹⁵ “*Unbundling of copper telephone lines itself seems to be a factor in reducing the price of broadband subscriptions, as they introduce more competition at the telecommunication exchange*” OECD (2008):

⁹⁶ “*Ensuring this access provisioning, as well as the other initiatives to promote competition, will require empowering Qatar’s telecommunications regulatory authority to enforce its decisions and to be independent from other government institutions, so that its decisions can be controlled and appealed*” (ICTQatar 2013).

10 Conclusion

Pour conclure, dans de nombreux pays, le marché fixe des télécommunications peut s'avérer faiblement concurrentiel, engendrant par la même occasion un déploiement sous-optimal des réseaux THD. La concurrence en infrastructures tout d'abord peut être inexistante si aucun réseau câble ou aucun opérateur satellitaire ne concurrencent l'opérateur historique de télécommunications propriétaire du réseau cuivre. Ensuite, dans certains pays comme le Qatar, l'opérateur historique, qui n'est pas contraint par une concurrence en infrastructure, n'est pas non plus soumis à une obligation d'ouverture. La concurrence en services ne peut donc se faire. L'opérateur en situation de position dominante, souvent propriétaire du réseau cuivre, n'a alors que très peu d'incitations à investir dans un réseau fibre. Dans ce premier cas de figure, les consommateurs risquent de ne bénéficier que tardivement et à un prix élevé du THD. À moyen et long terme, cette situation est susceptible d'affaiblir la compétitivité d'un pays à l'heure où les pays développés investissent massivement dans l'économie digitale dans l'espoir de nouveaux relais de croissance.

Par ailleurs, dans un contexte de concurrence en infrastructure, entre le réseau cuivre et le réseau câble, le câblo-opérateur semble incité à investir pour fournir rapidement du THD, mais dans le même temps, l'opérateur de télécommunications opérant sur le réseau cuivre, pour des raisons de coûts, peut accuser du retard dans la course au THD. Si le marché du THD est préempté par le câblo-opérateur, il peut alors devenir encore plus risqué et coûteux pour un opérateur concurrent d'investir dans le réseau fibre. Dans ce deuxième cas de figure, sans obligation d'ouverture du réseau câble via des offres *bitstream*, le niveau de concurrence risque de diminuer lors du passage du HD au THD avec les conséquences potentiellement néfastes que cela peut avoir sur les niveaux de prix et de QoS. Même à supposer que le câblo-opérateur soit soumis à une obligation d'ouverture, le déploiement d'un réseau fibre parallèle semble de toute façon important afin de garantir l'innovation des services. Par conséquent, dans les deux cas de figure, le déploiement d'une infrastructure fibre est une problématique réelle. Toute la question est donc de sélectionner le mécanisme optimal d'incitation au déploiement de ce réseau.

La première solution consiste à subventionner le déploiement de la fibre au travers d'une subvention directe, d'un WACC élevé ou encore de pauses réglementaires (*regulatory holidays*).

La deuxième solution consiste comme nous l'avons décrit à investir directement dans un réseau public. Ce type d'engagement de l'État peut avoir pour conséquence de créer une menace crédible pour les opérateurs privés les amenant *in fine* à déployer leur propre réseau. Dans ce cas, l'État n'a nul besoin d'investir davantage dans le réseau, seul un faible coût d'engagement, irréversible, peut être suffisant pour rendre crédible la menace d'une infrastructure publique. Cette menace crédible devient alors un outil de régulation à part entière, relativement puissant, car elle ne biaise pas les

signaux-prix du marché et ne nécessite *a priori* pas non plus un investissement massif de l'État. Dans le pire des cas, même si le projet étatique n'a pas incité un opérateur privé à déployer son propre réseau, le réseau public, une fois totalement déployé, pourra toujours être utilisé pour donner l'accès à de nouveaux entrants. L'ouverture à de nouveaux concurrents devrait ainsi promouvoir la concurrence en services. Une autre solution consiste à vendre l'infrastructure publique à un autre opérateur privé afin d'introduire une vraie concurrence en infrastructure.

Dans tous les cas, que la menace crédible ait fonctionné ou pas, une régulation de l'accès *ex-post* est toujours indispensable. Si la menace crédible a fonctionné, l'opérateur historique détient alors un pouvoir de marché sur la nouvelle technologie de réseau ; le régulateur doit donc limiter les effets anticoncurrentiels sur le niveau des prix de détail et la Qualité de Service (QoS). Pour cela, il semble indispensable de réguler l'accès au réseau de l'opérateur dominant afin d'introduire une réelle concurrence en services. Si la menace crédible n'a pas fonctionné et que le réseau public n'a pas été vendu à un opérateur tiers, de la même manière, une régulation de l'accès permettra à d'autres opérateurs de rentrer sur le marché et d'initier une baisse des prix de détail.

11 Bibliographie

- Aghion, Philippe, Stefan Bechtold, Lea Cassar, et Holger Herz. 2014. « The Causal Effects of Competition on Innovation: Experimental Evidence ». NBER Working Paper 19987. National Bureau of Economic Research, Inc. <http://econpapers.repec.org/paper/nbrnberwo/19987.htm>.
- Aghion, Philippe, Nicholas Bloom, Richard Blundell, Rachel Griffith, et Peter Howitt. 2002. « Competition and Innovation: An Inverted U Relationship ». Working Paper 9269. National Bureau of Economic Research. <http://www.nber.org/papers/w9269>.
- Alleman, James, Gary Madden, et Hak-Ju Kim. 2009. « Real Options Methodology Applied to the ICT Sector: A Survey ». SSRN Scholarly Paper ID 1354094. Rochester, NY: Social Science Research Network. <http://papers.ssrn.com/abstract=1354094>.
- Alleman, James, et Paul Rappoport. 2006. « Optimal Pricing with Sunk Cost and Uncertainty ». In *The Economics of Online Markets and ICT Networks*, édité par Professor Russel Cooper, Professor Gary Madden, Professor Ashley Lloyd, et Michael Schipp, 143-55. Contributions to Economics. Physica-Verlag HD. http://link.springer.com/chapter/10.1007/3-7908-1707-4_10.
- ARCEP. 2014. « Modèle générique de tarification de l'accès aux réseaux en fibre optique jusqu'à l'abonné en dehors des zones très denses ».
- Armstrong, Mark. 2006. « Competition in Two-Sided Markets ». *The RAND Journal of Economics* 37 (3): 668-91. doi:10.1111/j.1756-2171.2006.tb00037.x.
- Arnott, Richard, et Kenneth Small. 1994. « The Economics of Traffic Congestion ». *American Scientist* 82 (5): 446-55.
- Arrow, Kenneth. 1962. « Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention ». NBER Chapters. National Bureau of Economic Research, Inc. <https://ideas.repec.org/h/nbr/nberch/2144.html>.
- Arthur D. Little. 2013. « National Fibre Strategies; National economic imperative or just another private industry task? »
- Arvind Parmar, et al. 2015. « Adblock Plus Efficacy Study ».
- Australian Government. 2014. « Independent Cost-Benefit Analysis of the NBN ».
- Babaali, Nadia. 2013. « Sweden: a showcase for rural FTTH ».
- Bakos, J. Yannis. 1997. « Reducing Buyer Search Costs: Implications for Electronic Marketplaces ». *Management Science* 43 (12): 1676-92. doi:10.1287/mnsc.43.12.1676.
- Becker, Gary S., et Kevin M. Murphy. 1993. « A Simple Theory of Advertising as a Good or Bad ». *The Quarterly Journal of Economics* 108 (4): 941-64.
- Beltrán, Fernando. 2013. « Effectiveness and Efficiency in the Build-Up of High-Speed Broadband Platforms in Australia and New Zealand ». SSRN Scholarly Paper ID 2448250. Rochester, NY: Social Science Research Network. <http://papers.ssrn.com/abstract=2448250>.
- Booz&co. 2008. « Deregulation 2.0 how service-based competition can drive growth in the MENA Telecom Industry ».
- Bourreau, Marc, Carlo Cambini, et Pinar Doğan. 2012. « Access pricing, competition, and incentives to migrate from “old” to “new” technology ». *International Journal of Industrial Organization* 30 (6): 713-23. doi:10.1016/j.ijindorg.2012.08.007.
- Bourreau, Marc, Carlo Cambini, et Steffen Hoernig. 2012. « Ex ante regulation and co-investment in the transition to next generation access ». *Telecommunications Policy, Regulation and competition in communications markets*, 36 (5): 399-406. doi:10.1016/j.telpol.2011.11.024.
- Bourreau, Marc, et Pinar Doğan. 2001. « Regulation and innovation in the telecommunications industry ». *Telecommunications Policy* 25 (3): 167-84. doi:10.1016/S0308-5961(00)00087-2.

- Bourreau, Marc, et Pinar Doğan. 2004. « Service-based vs. facility-based competition in local access networks ». *Information Economics and Policy* 16 (2): 287-306. doi:10.1016/j.infoecopol.2003.05.002.
- Bourreau, Marc, Frago Kourandi, et Tommaso Valletti. 2015. « Net Neutrality with Competing Internet Platforms ». *The Journal of Industrial Economics* 63 (1): 30-73. doi:10.1111/joie.12068.
- Briglauer, Wolfgang, Georg Ecker, et Klaus Gugler. 2012. « Regulation and Investment in Next Generation Access Networks: Recent Evidence from the European Member States ». Paper. <http://epub.wu.ac.at/3447/>.
- . 2013. « The impact of infrastructure and service-based competition on the deployment of next generation access networks: Recent evidence from the European member states ». *Information Economics and Policy, ICT and Innovation*, 25 (3): 142-53. doi:10.1016/j.infoecopol.2012.11.003.
- Briglauer, Wolfgang, Stefan Frübing, et Ingo Vogelsang. 2014. « The Impact of Alternative Public Policies on the Deployment of New Communications Infrastructure – A Survey ». SSRN Scholarly Paper ID 2530983. Rochester, NY: Social Science Research Network. <http://papers.ssrn.com/abstract=2530983>.
- Briglauer, Wolfgang, et Klaus Gugler. 2013. « The deployment and penetration of high-speed fiber networks and services: Why are EU member states lagging behind? » *Telecommunications Policy, Regulating and investment in new communications infrastructure Understanding ICT adoption and market trends: Papers from recent European ITS regional conferences*, 37 (10): 819-35. doi:10.1016/j.telpol.2013.05.003.
- Calderon, Cesar, et Luis Servén. 2014. « Infrastructure, Growth, and Inequality : An Overview ». WPS7034. The World Bank. <http://documents.worldbank.org/curated/en/2014/09/20210994/infrastructure-growth-inequality-overview>.
- Cambini, Carlo, et Virginia Silvestri. 2012. « Technology Investment and Alternative Regulatory Regimes with Demand Uncertainty ». *Information Economics and Policy* 24 (3-4): 212-30. doi:10.1016/j.infoecopol.2012.08.003.
- Cave, Martin E., Antoine Fournier, et Natalia Shutova. 2012. « The Price of Copper and the Transition to Fibre ». SSRN Scholarly Paper ID 2200294. Rochester, NY: Social Science Research Network. <http://papers.ssrn.com/abstract=2200294>.
- Cave, Martin, et Ian Martin. 2010. « Motives and means for public investment in nationwide next generation networks ». *Telecommunications Policy* 34 (9): 505-12.
- Cheng, Hsing Kenneth, Subhajyoti Bandyopadhyay, et Hong Guo. 2010. « The Debate on Net Neutrality: A Policy Perspective ». *Information Systems Research* 22 (1): 60-82. doi:10.1287/isre.1090.0257.
- Choi, Jay Pil, Doh-Shin Jeon, et Byung-Cheol Kim. 2015. « Net Neutrality, Business Models, and Internet Interconnection ». *American Economic Journal: Microeconomics* 7 (3): 104-41.
- Commission Européenne. 2010. « Digital Agenda: Commission outlines action plan to boost Europe's prosperity and well-being ».
- Copeland, Thomas E. 2005. « How Much Is Flexibility Worth? »
- Crandall, Robert W., Jeffrey A. Eisenach, et Allan T. Ingraham. 2013. « The Long-Run Effects of Copper-Loop Unbundling and the Implications for Fiber ». *Telecommunications Policy* 37 (4-5): 262-81. doi:10.1016/j.telpol.2012.08.002.
- Curien, Nicolas. 2013. « Net Neutrality is Imperfect and Should Remain So! » EUI-RSCAS Working Paper 22. European University Institute (EUI), Robert Schuman Centre of Advanced Studies (RSCAS). <https://ideas.repec.org/p/erp/euirsc/p0337.html>.
- Curien, Nicolas, et Winston Maxwell. 2011. *La neutralité d'Internet*. La Découverte.
- Dixit, A.K., et R.S. Pindyck. 1995. « The Options Approach to Capital Investment ». *Long Range Planning* 28 (4): 129-129. doi:10.1016/0024-6301(95)94310-U.

- Dixit, Avinash. 1982. « Recent Developments in Oligopoly Theory ». *American Economic Review* 72 (2): 12-17.
- Economides, Nicholas. 2010. « Why Imposing New Tolls on Third-Party Content and Applications Threatens Innovation and will not Improve Broadband Providers' Investment ». SSRN Scholarly Paper ID 1627347. Rochester, NY: Social Science Research Network. <http://papers.ssrn.com/abstract=1627347>.
- Economides, Nicholas, et Benjamin E. Hermalin. 2012a. « The Economics of Network Neutrality ». *The RAND Journal of Economics* 43 (4): 602-29. doi:10.1111/1756-2171.12001.
- . 2012b. « The Economics of Network Neutrality ». *The RAND Journal of Economics* 43 (4): 602-29. doi:10.1111/1756-2171.12001.
- Economides, Nicholas, et Joacim Tåg. 2012a. « Network neutrality on the Internet: A two-sided market analysis ». *Information Economics and Policy* 24 (2): 91-104. doi:10.1016/j.infoecopol.2012.01.001.
- . 2012b. « Network neutrality on the Internet: A two-sided market analysis ». *Information Economics and Policy* 24 (2): 91-104. doi:10.1016/j.infoecopol.2012.01.001.
- Estache, Antonio, et Grégoire Garsous. 2012. « The impact of infrastructure on growth in developing countries ». *IFC Economic notes*.
- European Commission. 2010. « Commission Recommendation on regulated access to Next Generation Access Networks (NGA) ».
- FCC. 2015. « Report and order on remand, declaratory ruling, and order ».
- Federal Communications Commission. 2009. « In the matter of preserving the open Internet; broadband industry practices, Notice of proposed rule-making ».
- Fibre to the Home Council Europe. 2013. « FTTH Business Guide ».
- Firth, Lucy, et David Mellor. 2005. « Broadband: benefits and problems ». *Telecommunications Policy, Regional development and business prospects for ICT and broadband networks*, 29 (2-3): 223-36. doi:10.1016/j.telpol.2004.11.004.
- General Secretariat For Development Planning. 2008. « Qatar National Vision 2030 ».
- Hermalin, Benjamin E., et Michael L. Katz. 2007. « The economics of product-line restrictions with an application to the network neutrality debate ». *Information Economics and Policy*, 215-48.
- ICTQatar. 2013. « National Broadband Plan for the State of Qatar ».
- Idate consulting. 2014. « FTTH MENA Panorama Market at September 2014 ».
- Inderst, Roman, et Martin Peitz. 2012. « Market Asymmetries and Investments in Next Generation Access Networks ». *Review of Network Economics* 11 (1): 1-27.
- Katsianis, D., T. Rokkas, I. Neokosmidis, M. Tselekounis, D. Varoutas, I. Zacharopoulos, et A. Bartzoudi. 2012. « Risks associated with next generation access networks investment scenarios ». *IEEE Network* 26 (4): 11-17. doi:10.1109/MNET.2012.6246747.
- Kenny, Robert. 2015. « Exploring the costs and benefits of FTTH in the UK ».
- Koutroumpis, Pantelis. 2009. « The economic impact of broadband on growth: A simultaneous approach ». *Telecommunications Policy* 33 (9): 471-85. doi:10.1016/j.telpol.2009.07.004.
- Kraemer, Jan, et Lukas Wiewiorra. 2010. « Network Neutrality and Congestion Sensitive Content Providers: Implications for Service Innovation, Broadband Investment and Regulation ». Working Paper 10-09. NET Institute. <https://ideas.repec.org/p/net/wpaper/1009.html>.
- Krämer, Jan, Lukas Wiewiorra, et Christof Weinhardt. 2013. « Net neutrality: A progress report ». *Telecommunications Policy, Papers from the 40th Research Conference on Communication, Information and Internet Policy (TPRC 2012) Special issue on the first papers from the « Mapping the Field » initiative.*, 37 (9): 794-813. doi:10.1016/j.telpol.2012.08.005.
- Kroes, Neelie. 2011. « Investing in digital networks: a bridge to Europe's future ». SPEECH/11/623 Neelie Kroes Vice-President of the European Commission responsible for the Digital Agenda Investing in digital networks: a bridge to Europe's future ETNO Financial Times 2011 CEO SUMMIT.
- Kruger, Lennard G. 2013. « The National Broadband Plan Goals: Where Do We Stand? »

- Lee, Robin S., et Tim Wu. 2009. « Subsidizing Creativity through Network Design: Zero-Pricing and Net Neutrality ». *The Journal of Economic Perspectives* 23 (3): 61-76.
- Lucas, Karen. 2012. « Transport and social exclusion: Where are we now? » *Transport Policy*, URBAN TRANSPORT INITIATIVES, 20 (mars): 105-13. doi:10.1016/j.tranpol.2012.01.013.
- Marc Bourreau, Carlo Cambini. 2013. « My Fibre or Your Fibre? Cooperative Investment, Uncertainty and Access ». doi:10.2139/ssrn.2199831.
- McKinsey&Compagny. 2012. « A “New Deal”: driving investment in Europe’s telecoms infrastructure ».
- Mitomo, Hitoshi, et Toshiya Jitsuzumi. 1999. « Impact of Telecommuting on Mass Transit Congestion: The Tokyo Case ». *Telecommunications Policy* 23 (10-11): 741-51. doi:10.1016/S0308-5961(99)00059-2.
- Mobdia. 2012. « Understanding today’s smartphone user: demystifying data usage trends on cellular & Wi-Fi networks ».
- « Motives and means for public investment in nationwide next generation networks ». 2015. Consulté le juillet 7. <https://www-sciencedirect-com.bibliopam.enscachan.fr/science/article/pii/S0308596110000807>.
- Myers, Stewart C. 1977. « Determinants of corporate borrowing ». *Journal of Financial Economics* 5 (2): 147-75. doi:10.1016/0304-405X(77)90015-0.
- Nasse, Philippe. 2005. « Rapport sur “les coûts de sortie” ».
- Nitsche, Rainer, et Lars Wiethaus. 2011a. « Access regulation and investment in next generation networks — A ranking of regulatory regimes ». *International Journal of Industrial Organization* 29 (2): 263-72. doi:10.1016/j.ijindorg.2010.07.002.
- . 2011b. « Access Regulation and Investment in next Generation Networks — A Ranking of Regulatory Regimes ». *International Journal of Industrial Organization* 29 (2): 263-72. doi:10.1016/j.ijindorg.2010.07.002.
- Njoroge, Paul, Asuman E. Ozdaglar, Nicolas E. Stier-Moses, et Gabriel Y. Weintraub. 2012. « Investment in Two Sided Markets and the Net Neutrality Debate ». SSRN Scholarly Paper ID 1641359. Rochester, NY: Social Science Research Network. <http://papers.ssrn.com/abstract=1641359>.
- OECD. 2013. « Broadband Networks and Open Access ».
- . 2014. « Executive summary of the roundtable on financing of the roll-out of broadband networks ».
- Ofcom. 2007. « Future broadband-Policy approach to next generation access ».
- Opta. 2008. « Draft policy rules tariff regulation for unbundled fibre access ».
- Patrick Maillé, et Bruno Tuffin. 2014. « Le problème de la neutralité du Net est-il réglé? »
- Pil Choi, Jay, et Byung-Cheol Kim. 2010a. « Net Neutrality and Investment Incentives ». *The RAND Journal of Economics* 41 (3): 446-71. doi:10.1111/j.1756-2171.2010.00107.x.
- . 2010b. « Net Neutrality and Investment Incentives ». *The RAND Journal of Economics* 41 (3): 446-71. doi:10.1111/j.1756-2171.2010.00107.x.
- Pindyck, Robert S. 2007. « Mandatory Unbundling and Irreversible Investment in Telecom Networks ». *Review of Network Economics* 6 (3): 1-25.
- Raux, Charles, et Odile Andan. 2002. « Comment les péages urbains peuvent-ils satisfaire une politique d’agglomération ? » *Recherche - Transports - Sécurité* 75 (juillet): 115-30. doi:10.1016/S0761-8980(02)00009-2.
- Reggiani, Carlo, et Tommaso Valletti. 2012. « Net neutrality and innovation at the core and at the edge ». The School of Economics Discussion Paper Series. Economics, The University of Manchester. <http://econpapers.repec.org/paper/mansespap/1202.htm>.
- . 2016. « Net neutrality and innovation at the core and at the edge ». *International Journal of Industrial Organization*. Consulté le janvier 25. doi:10.1016/j.ijindorg.2015.12.005.

- Rendon Schneir, Juan, et Yupeng Xiong. 2013. « Economic implications of a co-investment scheme for FTTH/PON architectures ». *Telecommunications Policy*, Regulating and investment in new communications infrastructure Understanding ICT adoption and market trends: Papers from recent European ITS regional conferences, 37 (10): 849-60. doi:10.1016/j.telpol.2013.06.002.
- Robert W. Hahn, Scott Wallsten. 2007. « The Economics of Net Neutrality ». *The Economists* & #39; Voice 3 (6): 8-8. doi:10.2139/ssrn.943757.
- Rochet, Jean-Charles, et Jean Tirole. 2003. « Platform Competition in Two-sided Markets ». *Journal of the European Economic Association* 1 (4): 990-1029.
- Rohman, Ibrahim Kholilul, et Erik Bohlin. 2012. « Does Broadband Speed Really Matter for Driving Economic Growth? Investigating OECD Countries ». SSRN Scholarly Paper ID 2034284. Rochester, NY: Social Science Research Network. <http://papers.ssrn.com/abstract=2034284>.
- Schumpeter, Joseph Alois. 1934. *The Theory of Economic Development: An Inquiry Into Profits, Capital, Credit, Interest, and the Business Cycle*. Transaction Publishers.
- Shutova, Natalia. 2013. « Monopole naturel, marchés bifaces, différenciation tarifaire: trois essais sur la régulation de télécommunications ». Université Panthéon - Assas.
- Shy, Oz. 2002. « A quick-and-easy method for estimating switching costs ». *International Journal of Industrial Organization* 20 (1): 71-87. doi:10.1016/S0167-7187(00)00076-X.
- Sidak, J. Gregory, et David J. Teece. 2010. « Innovation Spillovers and the “dirt Road” Fallacy: The Intellectual Bankruptcy of Banning Optional Transactions for Enhanced Delivery Over the Internet ». *Journal of Competition Law and Economics* 6 (3): 521-94. doi:10.1093/joclec/nhq003.
- Singh, A.K., et V. Potdar. 2009. « Blocking online advertising - A state of the art ». In *IEEE International Conference on Industrial Technology, 2009. ICIT 2009*, 1-10. doi:10.1109/ICIT.2009.4939739.
- Tahon, Mathieu, Sofie Verbrugge, Peter J. Willis, Paul Botham, Didier Colle, Mario Pickavet, et Piet Demeester. 2014. « Real Options in Telecom Infrastructure Projects & #x2014; A Tutorial ». *IEEE Communications Surveys & Tutorials* 16 (2): 1157-73. doi:10.1109/SURV.2013.062613.00126.
- Tahon, M., S. Verbrugge, P.J. Willis, P. Botham, D. Colle, M. Pickavet, et P. Demeester. 2014. « Real Options in Telecom Infrastructure Projects #x2014; A Tutorial ». *IEEE Communications Surveys Tutorials* 16 (2): 1157-73. doi:10.1109/SURV.2013.062613.00126.
- Tarutė, Asta, et Rimantas Gatautis. 2014. « ICT Impact on SMEs Performance ». *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, The 2-dn International Scientific conference „Contemporary Issues in Business, Management and Education 2013“, 110 (janvier): 1218-25. doi:10.1016/j.sbspro.2013.12.968.
- The Telecommunications Regulatory Authority. 2014. « Bahrain Telecom Pricing International Benchmarking ».
- UE. 2013. « Recommandation de la Commission sur des obligations de non-discrimination et des méthodes de calcul des coûts cohérentes pour promouvoir la concurrence et encourager l’investissement dans le haut débit ». Journal officiel de l’Union Européenne.
- van Schewick, Barbara. 2006. « Towards an Economic Framework for Network Neutrality Regulation ». *Journal on Telecommunications & High Technology Law* 5: 329.
- Wegener, Michael. 2004. « Overview of land-use transport models ».
- WIK. 2010. « Access pricing for copper and fibre: are the sums right ».
- WIK-Consult. 2011. « Wholesale pricing, NGA take-up ad competition ».
- World Health Organization. 2008. « Safer water, better health: costs, benefits and sustainability of interventions to protect and promote health ».

Essai 2 Régulation de l'accès : une juste compensation pour le risque d'investissement – l'exemple du Qatar

1 Présentation

Comme pour le précédent essai présenté ci-avant, la mission d'expertise au sein du cabinet Tera Consultants m'a amené à traiter de nombreux sujets de régulation pour le compte du régulateur qatari des télécommunications. Maintenant que l'infrastructure fibre est en voie d'être totalement déployée au Qatar, le régulateur a pour soucis de mettre en place une régulation optimale de l'accès.

Cette préoccupation m'a donc amené à identifier dans la littérature économique les réponses des chercheurs à cette question. Ensuite, j'ai pu développer un cadre conceptuel qui permette d'estimer la prime de risque à inclure dans le prix de l'accès pour compenser dans une juste mesure l'opérateur historique pour le risque d'investissement. Cette méthode a ensuite été appliquée au contexte du marché qatari. Il devrait aider les décideurs à mieux évaluer la prime de risque à inclure au prix de l'accès du réseau fibre.

2 Résumé

Le risque pour un opérateur historique qui investit dans un nouveau réseau est plus élevé que celui d'entrants sur le réseau ; les entrants entrent ou sortent librement du marché en fonction des opportunités économiques alors que l'opérateur historique est contraint par l'irréversibilité de certains coûts d'investissement. La régulation de l'accès doit alors veiller à compenser spécifiquement le risque élevé de l'opérateur historique, sans quoi aucun opérateur ne sera incité à investir dans le futur.

Or, le calcul de la prime de risque via la méthode du *CAPM* ne permet pas de rendre compte du caractère irréversible de certains coûts d'investissement. Nous montrons en l'occurrence que le Taux Internet de Rendement (TIR) de l'opérateur historique peut être en moyenne inférieur au taux choisi par le régulateur (*WACC*⁹⁷). C'est précisément le cas lorsque le prix régulé est rigide à la hausse alors que le marché du THD est encore en phase de développement. Il est alors essentiel de calculer une prime de risque additionnelle pour l'opérateur historique afin de le compenser totalement pour le risque d'investissement.

Nous proposons pour cela un modèle simple et général que nous appliquons ensuite à la situation du marché fixe THD au Qatar. Nous calculons la prime de risque à inclure au prix de l'accès afin de garantir un niveau souhaitable de profitabilité pour l'opérateur historique. En introduisant une telle prime de risque, la régulation de l'accès est équitable, c'est-à-dire qu'elle ne favorise pas l'entrant au détriment de l'opérateur historique et inversement. Cette approche permet donc de réduire le sentiment de spoliation du côté de l'opérateur historique lorsqu'il est question de fixer le prix régulé de l'accès au réseau fibre et donc de diminuer le risque d'un conflit coûteux avec le régulateur. De même, cette approche ne permet aucunement de justifier un prix régulé de l'accès artificiellement élevé susceptible de limiter l'entrée de nouveaux entrants.

⁹⁷ Weighted average cost of capital

3 Introduction

Lorsque le déploiement d'une nouvelle infrastructure s'avère nécessaire pour le développement de nouveaux services, les autorités de régulation doivent inciter les acteurs au déploiement rapide de cette infrastructure. Si un opérateur déploie très activement la nouvelle infrastructure, il peut espérer acquérir une position dominante voire monopolistique sur la nouvelle infrastructure. Il peut alors user du pouvoir de marché obtenu en refusant l'accès à l'infrastructure à des offreurs de services qui en font la demande et se réserver ainsi l'exploitation monopolistique de celle-ci. Il peut aussi proposer aux offreurs tiers de services l'accès à son infrastructure mais à un prix monopolistique pour maximiser son profit. Dans un cas, le refus de l'accès, comme dans l'autre, la fixation d'un prix de l'accès excessif, le développement de nouveaux services est entravé. Si l'autorité anticipe ce problème, elle doit annoncer qu'elle régulera le prix de l'accès à l'infrastructure de tout opérateur devenu dominant pour éviter l'entrave à l'innovation des services. Néanmoins, la perspective d'une régulation ultérieure n'incite pas les acteurs privés à déployer la nouvelle infrastructure. Or, tout retard de déploiement de l'infrastructure nuit bien plus encore au développement de nouveaux services. Une telle situation peut aussi advenir si la régulation de l'accès aux réseaux des opérateurs puissants se base sur une obligation d'ouverture strictement orientée vers les coûts.

Cet article propose de revenir sur cette difficulté d'inciter au développement d'une nouvelle infrastructure fixe Très Haut Débit (boucle locale fibre ou FTTH) sans entraver la concurrence en services. La régulation de l'accès au FTTH semble essentielle pour favoriser la diversité de l'offre et l'innovation des services. Pour autant, le prix régulé ne doit pas décourager les opérateurs d'investir. Bien au contraire, le prix régulé doit compenser à due proportion l'opérateur pour les dépenses consenties mais aussi pour les risques encourus. Ainsi, la Commission Européenne recommande par exemple d'incorporer une prime de risque pour calculer le prix de l'accès aux nouvelles infrastructures (European Commission, 2010).

Nonobstant, dans nombre de pays, l'opérateur historique est le détenteur en monopole de l'ancienne infrastructure, la boucle locale en cuivre. Il dispose de ce fait d'avantages substantiels pour déployer rapidement et avant d'autres concurrents la nouvelle infrastructure. Les régulateurs doivent alors se poser la question suivante : si l'opérateur a déployé le FTTH avant d'autres concurrents, a-t-il pris un risque réel ou a-t-il simplement préempté le marché à moindre risque? Cette problématique est éminemment délicate dans la mesure où le régulateur ne peut observer tous les états de la nature pour évaluer le risque réel supporté par l'opérateur investisseur. Il importe donc d'évaluer l'ampleur du risque encouru afin d'évaluer la juste prime de risque à inclure au prix de l'accès.

La section 4 présente l'intérêt d'une approche par les options réelles pour déterminer le juste prix régulé d'un accès à un réseau. Il sera ainsi rappelé le risque lié au caractère irrécupérable de certains

coûts d'investissement. L'opérateur peut néanmoins utiliser le levier des options réelles pour réduire le risque d'investissement. Si le régulateur ne souhaite pas l'utilisation de ce levier, il doit alors intégrer dans le calcul du tarif régulé de l'accès, le coût d'opportunité pour l'opérateur de ne pas disposer d'options réelles.

Dans le contexte d'un marché du FTTH en émergence, le régulateur doit fixer un prix optimal de l'accès en fonction de l'anticipation du taux de pénétration de la fibre. Si le taux de pénétration futur est inférieur au taux initialement anticipé, le prix régulé de l'accès doit s'ajuster à la hausse pour ne pas dégrader le taux de rendement interne (TIR) de l'opérateur. Cependant, dans certains cas, le régulateur peut souhaiter, à juste titre, ne pas ajuster instantanément et/ou totalemment à la hausse le prix régulé de l'accès au taux de pénétration observé (voir section 5). Si tel est le cas, l'opérateur locataire est avantagé par rapport à l'opérateur investisseur : en moyenne, l'espérance du TIR de l'opérateur investisseur est inférieure à celle de l'opérateur locataire du réseau. Un tel différentiel de rendement moyen constitue un coût d'opportunité de l'investissement dans le nouveau réseau. Ce dernier doit être intégré pour déterminer un juste tarif d'accès régulé pour inciter au déploiement des nouvelles infrastructures. Une démarche générale permet ainsi d'estimer le montant de la prime à inclure au tarif d'accès régulé.

Cette approche est ensuite appliquée, à la section 6, à la situation du marché FTTH au Qatar. Dans ce pays, l'opérateur historique, Ooredoo, a investi en premier et déployé un réseau FTTH sur l'ensemble du territoire. En position de monopole *de facto*, il importe désormais d'assurer un accès à ce réseau pour dynamiser l'offre de services sans pour autant léser l'opérateur historique pour le risque d'investissement supporté. Pour ce faire, un ensemble de scénarii sont proposés. Ils diffèrent selon la vitesse de progression de la pénétration de la fibre. C'est sur la base de ces scénarii que la prime de risque est évaluée. Naturellement, cette prime dépend de la date d'obligation du *switch-off* du cuivre, de la date d'instauration de la régulation du tarif d'accès, du niveau d'incertitude sur la demande future ainsi que de la rigidité de la politique de régulation du tarif d'accès. La sensibilité de la prime de risque à ces différentes variables est étudiée. Il ressort par exemple que si le *switch-off* du cuivre intervient en 2022, la prime de risque s'avère substantielle si le plafond de l'augmentation du tarif régulé de l'accès est inférieur à 5%.

4 L'intérêt de l'approche des options réelles pour la régulation de l'accès

Les opérateurs font naturellement face à des risques lorsqu'ils souhaitent investir dans un nouveau réseau de télécommunications. Afin de minimiser ces risques, ils peuvent alors user de stratégies adaptatives ou flexibles, au moyen d'options réelles. Or, l'investissement immédiat et total dans un

nouveau réseau de télécommunications implique de renoncer à certaines options réelles. Le régulateur doit donc prendre en compte pour le calcul du prix de l'accès la valeur des options réelles en tant que coût d'opportunité pour l'opérateur investisseur. L'approche par les options réelles est essentielle pour calculer le montant de la prime de risque associée au caractère irréversible de certains coûts d'investissement. Sans l'intégration de cette prime de risque, l'opérateur historique ayant investi dans le réseau est sous-compensé pour le risque initial d'investissement, ce qui peut engendrer non seulement un conflit coûteux entre le régulateur et l'opérateur historique mais aussi un niveau sous-optimal de l'investissement dans les réseaux pour les années à venir.

4.1 Les risques d'investissement

L'opérateur investisseur, souvent l'opérateur historique, et les opérateurs locataires, souvent des entrants, ne disposent pas des mêmes profils de risque. L'opérateur investisseur supporte des coûts irrécupérables alors que les revenus générés et d'autres coûts sont incertains.

La Commission Européenne reconnaît un certain nombre de risques liés à l'investissement dans un réseau fibre. Ces risques sont au nombre de cinq : « (i) l'incertitude relative à la demande de détail et de gros; (ii) l'incertitude concernant les coûts de déploiement, les travaux de génie civil et l'encadrement managérial; (iii) l'incertitude relative à l'évolution technologique; (iv) l'incertitude relative à la dynamique du marché et à l'évolution de la situation concurrentielle ; (v) l'incertitude macroéconomique"⁹⁸.

Comme le soulignent Dimitris Katsianis et al. (2012), les opérateurs revendiquent aussi le risque de régulation. Ces mêmes auteurs expliquent que le risque majeur lié au déploiement d'un réseau fibre est un risque de demande qui peut s'expliquer par deux facteurs :

- **La concurrence en infrastructures** : une infrastructure câble concurrente ou une infrastructure fibre se développant en parallèle peuvent rendre substituables les services offerts par les opérateurs. La part de marché de l'opérateur qui investit dans la fibre n'est donc pas garantie. Pour réduire le risque d'un déploiement d'une infrastructure concurrente, l'opérateur historique peut être amené à proposer de faibles prix d'accès (Bourreau et Doğan 2004).
- **Le faible taux de migration du cuivre vers la fibre** : les usagers d'Internet qui disposent initialement d'une connexion Internet Haut Débit, basée sur le réseau cuivre, peuvent être faiblement enclins à migrer rapidement vers le réseau fibre et disposés à payer un supplément

⁹⁸ Original en Anglais: « (i) uncertainty relating to retail and wholesale demand; (ii) uncertainty relating to the costs of deployment, civil engineering works and managerial execution; (iii) uncertainty relating to technological progress; (iv) uncertainty relating to market dynamics and the evolving competitive situation, such as the degree of infrastructure-based and/or cable competition; and (v) macroeconomic uncertainty" (European Commission 2010).

mensuel pour bénéficier du THD. Cette incertitude peut être relativement importante surtout si les services associés au Très Haut Débit (THD) ne sont pas encore suffisamment développés et que la concurrence sur le cuivre fait baisser les prix de l'accès à Internet HD. Une faible demande pour la fibre peut entamer sérieusement la rentabilité du projet d'investissement. Or, même s'il s'avère *a posteriori* que le projet n'est pas rentable, l'opérateur ne peut pas recouvrer certains coûts irrécupérables.

L'objectif de l'opérateur est donc de réduire les risques d'investissement grâce à des stratégies flexibles.

4.2 L'adaptabilité des stratégies aux risques d'investissement

Dans le cadre d'une stratégie « rigide » d'investissement, le choix est binaire, c'est-à-dire que l'opérateur investit ou n'investit pas tout de suite dans un projet caractérisé par un certain niveau espéré de taux de rendement interne (TRI). Dans ce contexte, si l'opérateur n'investit pas tout de suite, il n'investira pas non plus tard. Au contraire, si l'opérateur investit tout de suite et que le TRI futur est finalement inférieur aux prévisions, l'opérateur ne pourra pas abandonner le projet sans perdre les coûts irrécupérables.

Dans la pratique, le choix de l'opérateur n'est pas binaire. En effet, un opérateur dispose souvent d'options réelles qui apportent de la flexibilité au projet d'investissement (Pindyck 2007).

Initialement, l'approche par options provient du domaine de la Finance (Myers 1977). Par exemple, pour un titre financier, l'option dite de *call* permet à son détenteur d'exercer une option d'achat à la date d'exercice. Si le prix d'exercice s'avère *in fine* inférieur au cours du sous-jacent, le détenteur de l'option exercera l'option, tandis que si ce prix d'exercice est supérieur au prix du sous-jacent il s'abstiendra. Les options permettent donc de réduire le risque lié à la variation de la valeur du sous-jacent. La théorie de la valorisation des options a été ensuite appliquée à bien d'autres domaines que celui de la Finance appartenant à l'économie « réelle », d'où le terme d'options « réelles ». Cette théorie a été appliquée au domaine pharmaceutique, à l'industrie du transport aérien, aux télécommunications, etc. (Alleman, Madden, et Kim 2009). Plus généralement, dans le cadre des investissements des entreprises, le sous-jacent correspond à la somme actualisée des revenus futurs générés par l'investissement ou à la Valeur Actuelle Nette (VAN) (A. K. Dixit et Pindyck 1995).

Copeland (2005) a proposé de classer les options réelles relatives à un projet d'investissement en trois catégories :

- les options réelles qui visent à augmenter l'investissement initialement prévu,
- les options réelles qui visent à repousser la date d'exécution du projet d'investissement afin d'obtenir davantage d'informations,
- les options réelles qui visent à l'abandon ou à la diminution du projet d'investissement initial.

À chaque date d'un projet d'investissement, l'opérateur est libre d'exercer une ou plusieurs options

réelles s'il le considère opportun. Disposer d'options réelles est fortement valorisable pour l'opérateur car elles permettent d'adapter la stratégie d'investissement aux nouvelles informations disponibles et donc de réduire le risque d'investissement. L'opérateur peut être par exemple disposé à payer pour repousser l'investissement à une date ultérieure dans l'attente de nouvelles informations sur la rentabilité du projet.

4.3 La valeur des options réelles et la régulation de l'accès

Il est nécessaire d'intégrer la valeur d'une option réelle, en tant que coût d'opportunité, pour le calcul du prix optimal de l'accès si

- le régulateur impose à l'opérateur privé certaines règles qui l'amènent à ne pas pouvoir exercer certaines options réelles,
- le régulateur souhaite que l'infrastructure se déploie immédiatement et totalement. Ceci suppose par exemple que l'opérateur renonce à exercer l'option dite de *wait and see*. Par conséquent, pour que l'opérateur privé s'engage à investir tout de suite, le régulateur doit au minimum compenser l'opérateur privé, dans la situation hypothétique d'efficience, à hauteur de sa disposition à payer pour l'option réelle d'attendre. C'est pour cette raison que la valeur de l'option réelle doit être prise en compte pour le calcul du prix de l'accès de l'infrastructure à déployer (Alleman et Rappoport 2006). De même, l'opérateur qui investit ne peut pas sortir du marché pendant la durée de vie de l'investissement sans supporter des coûts irrécupérables, ce qui n'est pas le cas des entrants. En d'autres termes, en investissant, l'opérateur historique renonce à l'option réelle de sortir du marché sans supporter de coûts. Pour inciter les opérateurs à investir, il faut alors prendre en compte, en tant que coût d'opportunité, la valeur de cette option réelle (Dixit et Pindyck 1995, Bourreau et Doğan 2001)

Ex-post, dans le cas où l'investissement est déjà effectué, le régulateur doit construire un scénario hypothétique et compenser l'opérateur comme si celui-ci était efficient et choisissait d'investir aujourd'hui dans le réseau.

5 Une prime de risque pour compenser l'opérateur pour le risque lié à une régulation asymétrique

Nous montrons qu'une régulation asymétrique implique de calculer une prime de risque à intégrer au prix de l'accès au réseau. En effet, l'objectif est de garantir en moyenne un niveau souhaitable de profitabilité pour l'opérateur historique et donc une équité de traitement du régulateur entre tous les opérateurs. La démarche générale que nous proposons dans cette section pour calculer cette prime de risque sera ensuite appliquée à la section suivante pour la régulation de l'accès au réseau fixe THD du Qatar.

5.1 Le risque associé à une régulation asymétrique

Le fait d'acheter ou de louer un réseau devrait idéalement produire les mêmes rendements pour tous les opérateurs. Or, une régulation asymétrique peut conduire à ce que les opérateurs privés locataires d'un réseau disposent en moyenne d'un rendement économique supérieur à celui de l'opérateur propriétaire. Un tel différentiel réduit l'incitation à investir à l'avenir dans les nouvelles technologies de réseau alors même que l'innovation dans les infrastructures de réseaux est une composante essentielle du développement de l'économie digitale.

5.1.1. L'incertitude sur la demande future

Lorsque le régulateur décide de mettre en place une régulation de l'accès, le marché du THD est souvent en phase de développement. Le régulateur doit donc fixer un juste prix de l'accès au réseau fibre sur la base d'une anticipation de la pénétration de la fibre pour les années à venir. Naturellement, *ex-ante*, le régulateur peut surestimer ou sous-estimer la demande future.

L'incertitude portant sur la pénétration future de la fibre s'explique principalement pour deux raisons :

- D'une part, la demande de long terme est incertaine car la taille de marché de long terme va dépendre de l'émergence de nouveaux services valorisables pour les consommateurs mais inconnus jusqu'alors.
- D'autre part, la vitesse de progression de la pénétration de la fibre est incertaine. Elle va en particulier dépendre de la vitesse de migration des consommateurs du cuivre vers la fibre, c'est-à-dire des coûts de changement et de la disposition à payer des consommateurs pour les offres THD. Cette incertitude est d'autant plus élevée que les individus sont hétérogènes. En effet, les consommateurs qui migrent très rapidement du cuivre vers la fibre peuvent être différents des autres consommateurs disposant toujours d'une offre Internet HD basée sur le réseau cuivre. Il est donc difficile d'estimer la pénétration future de la fibre sur la base de premières observations. En revanche, le fait que le régulateur oblige ou incite à une certaine date la migration des consommateurs de l'ancienne vers la nouvelle technologie de réseau engendre une diminution du risque de demande (obligation de *switch-off* du cuivre).

Si la pénétration future de la fibre est inférieure (ou supérieure) aux prévisions, le régulateur doit modifier à la hausse (ou à la baisse) le prix de l'accès sur la base des nouvelles informations disponibles pour garantir le même taux de rendement (*WACC* en anglais). Le niveau de *WACC* initialement choisi par le régulateur correspond au taux de rendement moyen pour un investissement dans un autre actif caractérisé par un même niveau de risque.

Seulement, en pratique, le prix de l'accès régulé ne s'ajuste pas instantanément et totalement à la nouvelle information disponible sur la pénétration de la fibre.

5.1.2. Une régulation asymétrique

Tout d'abord, le régulateur réajuste périodiquement et avec une certaine fréquence le prix de l'accès⁹⁹. La pénétration effective de la fibre peut donc être inférieure à celle anticipée pendant toute la période de rigidité du prix régulé de l'accès. Notons que, toutes choses égales par ailleurs, l'ampleur du réajustement du prix de l'accès diminue avec la fréquence du réajustement de la régulation. En effet, si le prix régulé est fixe pendant une longue période et que la pénétration de la fibre n'a pas augmenté aussi vite qu'escompté, alors le régulateur devra fortement réajuster à la hausse le prix régulé afin de rétablir le TIR de l'opérateur propriétaire du réseau.

Ensuite, le régulateur peut volontairement choisir d'établir un certain niveau de rigidité à la hausse du prix de l'accès, c'est-à-dire de ne pas augmenter le prix de l'accès au-delà d'un certain niveau pour diverses raisons :

- Premièrement, le régulateur implémente la méthode du *cost plus* pour fixer le prix de l'accès. Dans ce cas, si la demande est élevée, le prix de gros diminue pour abaisser les prix de détail et permettre un juste retour sur investissement pour l'opérateur privé. Si la demande est faible, le prix de gros reste le même car il est basé sur les coûts (Ofcom 2007).
- Deuxièmement, le régulateur limite la dépendance du prix de l'accès vis-à-vis de la demande pour accomplir les objectifs fixés par le plan national THD. En effet, si l'élasticité de la demande est relativement élevée, toute décision visant à augmenter substantiellement le prix de l'accès, à cause d'une faible pénétration de la fibre, impacte négativement la demande, ce qui réduit encore davantage le taux de migration des ménages du cuivre vers la fibre. Par conséquent, un réajustement du prix de l'accès peut s'avérer contre-productif et créer un cercle vicieux : une faible pénétration engendre une augmentation du prix de gros, qui entraîne une augmentation des prix de détail, qui dés-incite les consommateurs à choisir une offre THD, qui nécessite au pire des cas un réajustement à la hausse du prix de gros, ce qui abaisse encore davantage la demande, etc. L'autorisation d'une hausse substantielle des prix régulés en fonction de la demande peut alors potentiellement éloigner la date du *switch-off* du cuivre et mettre à mal l'effectivité des plans nationaux THD. Au contraire, pour accomplir les objectifs d'un *switch-off* rapide du cuivre vers la fibre, le régulateur est incité à diminuer les prix de gros de la fibre plutôt qu'à les augmenter pour « booster » la demande sur le marché de détail.
- Troisièmement, le régulateur souhaite inciter l'entrée de nouveaux entrants et promouvoir la concurrence en services grâce à une régulation prévisible des prix de gros. En effet, les nouveaux entrants doivent supporter un coût d'entrée irrécupérable. Ils sont donc d'autant plus incités à rentrer sur le marché qu'ils sont assurés que la demande ne va pas être négativement impactée par une hausse du prix régulé de gros.

⁹⁹ tous les ans, tous les deux ans, tous les trois ans, etc.

5.1.3. L'impact sur le rendement moyen de l'opérateur investisseur

Au final, quelle que soit la raison de la rigidité à la hausse du prix régulé de gros, celle-ci réduit la moyenne du taux de rendement pour l'opérateur investisseur.

En cas de très faible pénétration de la fibre, le TIR moyen de l'opérateur historique est inférieure au WACC fixé par le régulateur puisque s'il abandonne purement et simplement le réseau il ne peut pas recouvrir certains coûts irrécupérables. *A priori*, l'opérateur historique restera sur le marché si les coûts irrécupérables sont très élevés. L'opérateur locataire quant à lui continuera de bénéficier de prix de gros inchangés ou faiblement supérieurs à ceux fixés originellement et pourra investir dans un autre actif générant un rendement supérieur pour un même niveau de risque. Même à supposer que le réseau de l'opérateur historique puisse être vendu à des tiers, la situation reste identique. En effet, dès que les acteurs privés s'aperçoivent que la pénétration est fortement inférieure aux prévisions et que le prix régulé ne s'ajuste pas totalement au faible taux de pénétration observé, la valeur économique de l'infrastructure diminue nécessairement. L'opérateur ne peut pas vendre le réseau à sa valeur espérée initialement puisque tous les opérateurs préfèrent l'alternative de la location et investir sur d'autres marchés qui apportent un rendement économique supérieur. La diminution de la valeur économique de l'infrastructure constitue donc un coût irrécupérable à l'origine du risque d'investissement pour l'opérateur historique.

Inversement, si la pénétration est supérieure aux attentes, le régulateur diminue le prix de l'accès de manière à rétablir le niveau de WACC initialement choisi. *A priori*, une sous-évaluation initiale de la demande future n'impacte donc pas le rendement économique de l'actif.

Pour résumer, une rigidité à la hausse du prix régulé contraint l'opérateur historique à garder un réseau générant en moyenne un taux de rendement inférieur à celui du marché. En d'autres termes, investir conduit à la destruction de l'option réelle qui, pour chaque date durant la durée de vie de l'investissement, consiste à choisir entre « louer ou détenir » le réseau. La destruction de l'option réelle induit forcément un coût d'opportunité pour l'opérateur historique. Ce coût d'opportunité est lié à la diminution espérée du TIR relativement au niveau de WACC choisi par le régulateur.

En d'autres termes, si en l'absence de régulation, la distribution du TIR de l'investissement est symétrique, la rigidité à la hausse du prix régulé de l'accès engendre forcément une troncature à droite de la distribution, ce qui abaisse la moyenne du TIR (Ofcom 2007).

L'objectif de la prime de risque est de rehausser la moyenne du rendement de l'investissement (Opta 2008) et d'assurer un juste retour sur investissement pour l'opérateur historique.

5.2 Une démarche générale pour l'évaluation de la prime de risque

Le régulateur peut à juste titre fixer un plafond pour l'augmentation du prix régulé. Cependant, cette politique produit une régulation asymétrique nécessitant de calculer une prime de risque. Nous

proposons un cadre d'analyse simple pour évaluer la prime de risque associée à un contexte de ce type.

5.2.1. Le prix de l'accès sans prise en compte du risque sur le taux de pénétration

Dans le cadre d'une obligation d'ouverture des réseaux de télécommunications, et en vertu du principe de non-discrimination, l'opérateur historique, verticalement intégré, est obligé de vendre l'accès à son réseau et d'appliquer le même tarif que ce soit pour sa filiale de détail ou pour d'autres opérateurs distincts. L'opérateur de gros doit donc être indifférent entre vendre l'accès à sa propre filiale ou à un autre opérateur. En d'autres termes, le risque de demande pour l'opérateur de gros se situe au niveau de la demande totale et non au niveau de la demande pour sa filiale de détail verticalement intégrée. Pour évaluer et optimiser le prix de l'accès d'un réseau, il n'est donc pas nécessaire de s'intéresser au marché de détail, mais seulement au marché de gros et de fixer un prix de l'accès qui rémunère dans une juste mesure l'opérateur historique pour l'investissement dans le réseau.

Supposons dans un premier temps que le régulateur ne prend pas en compte le risque d'investissement de l'opérateur historique qui existe à cause de l'incertitude sur la vitesse de progression de la pénétration de la fibre et la rigidité du prix régulé.

Dans le cadre du modèle qui suit, le régulateur fixe en période $t = N$ le prix régulé de l'accès en anticipant la pénétration future pour les dates $t = N + 1, \dots, T$, avec T la date de fin de vie de l'infrastructure, sur la base de la pénétration passée $S_t, \forall t = 0, \dots, N - 1$. Nous trouvons alors que le prix p_{opt}^N régulé de l'accès permet, pour un certain niveau de $WACC$, d'annuler la Valeur Actuelle Nette (VAN) de l'opérateur de gros. Nous avons :

$$\sum_{t=0}^{N-1} \frac{S_t(p_{opt}^N - c)}{(1+WACC)^t} + \sum_{t=N}^{O-1} \frac{S(N, \hat{a}, \hat{b})(p_{opt}^N - c)}{(1+WACC)^t} + \sum_{t=O}^T \frac{m(p_{opt}^N - c)}{(1+WACC)^t} - F = 0 \quad (\text{Eq 1})$$

avec $S(t, \hat{a}, \hat{b})$ la pénétration prédite pour les périodes futures jusqu'à ce que le régulateur impose une obligation de *switch-off* du cuivre vers la fibre, c'est-à-dire pour $\forall t = N, \dots, O - 1$. Ensuite, pour $\forall t = O, \dots, T$, la pénétration de la fibre est maximale et la demande est égale à la demande de long terme que l'on note par m . Le coût opérationnel par unité de demande est notée par c et le coût fixe de l'infrastructure par F .

On note par p_{min}^N la solution de l'équation suivante¹⁰⁰ :

$$\sum_{t=0}^{N-1} \frac{S_t(p_{min}^N - c)}{(1+WACC)^t} + \sum_{t=N}^{O-1} \frac{S(N, \hat{a}, b=0)(p_{min}^N - c)}{(1+WACC)^t} + \sum_{t=O}^T \frac{m(p_{min}^N - c)}{(1+WACC)^t} - F = 0 \quad (\text{Eq 2})$$

¹⁰⁰ celle solution sera utilisée par la suite

Nous faisons l'hypothèse que la pénétration est modélisée grâce à une fonction de type Gompertz, similairement à Tahon et al. (2014). Nous avons :

$$S(N, \hat{a}, \hat{b}) = m \exp^{-\exp^{-\hat{b}(t-\hat{a})}} \quad \forall t = [0, T] \quad (\text{Eq 3})$$

avec \hat{a} et \hat{b} estimés par la méthode des moindres carrés sur la base des données historiques de la pénétration de la fibre.

5.2.2. Optimisation du prix régulé de l'accès avec prise en compte du risque d'investissement

Nous présentons maintenant la méthode de détermination du prix régulé de gros lorsque le régulateur prend en compte le risque d'investissement de l'opérateur historique. Pour cela, nous devons spécifier un certain nombre d'hypothèses que nous listons ci-après.

Hypothèse 4 La vitesse de progression de la pénétration pour les années à venir, à partir de la date de la régulation de l'accès, notée b , est une variable aléatoire qui suit une distribution $f(b)$ sur le support $b \in [0, +\infty[$. Nous avons donc $\int_0^{+\infty} f(b)db = 1$.

Hypothèse 5 L'historique de demande permet en moyenne de bien anticiper la progression de la demande future. En l'occurrence, le régulateur estime le coefficient \hat{b} sur la base de la demande passée, S_t , $\forall t = 0, \dots, N - 1$. Nous supposons que l'espérance de la vitesse b pour les années à venir est en moyenne égale à la vitesse estimée. Nous avons $E(b) = \hat{b}$.

Hypothèse 6 Le régulateur est en mesure d'adapter le prix de l'accès en période $N + k$, avec $k > 0$, après avoir observé la demande pendant les périodes de N à $N + k$. Ce réajustement du prix de gros se fait sans contrainte si le taux de pénétration effectif b est au-dessus de la prévision \hat{b} . En revanche, en-deçà d'un certain niveau de vitesse observée, $\forall b < b_{min}$, le régulateur souhaite ajuster le prix de l'accès en date $N + k$ seulement jusqu'à un certain niveau, noté p_{max}^{N+k} , pour ne pas provoquer une hausse substantielle des prix de détail et dés-encourager encore davantage les consommateurs à migrer du cuivre vers la fibre.

Hypothèse 7 La demande est croissante et concave en fonction de b . Nous avons : $\frac{\delta S(t,a,b)}{\delta b} = \exp^{-\exp^{b(a-t)}} \exp^{b(a-t)} (t - a) \geq 0$, avec $a \leq 0$,
 $\frac{\delta^2 S(t,a,b)}{\delta b^2} = \exp^{b(a-t)} (\exp^{b(a-t)} - 1) (a - t)^2 \exp^{-\exp^{b(a-t)}} \leq 0$, si $a - t \leq 0 \forall t > 0$ et $b \geq 0$.

5.2.2.1 Etape 1 : fixation du prix de l'accès pour la période N

En période N , le régulateur fixe un prix régulé optimal, noté p_{opt}^N , sur la base d'une anticipation de la vitesse de pénétration de la fibre, notée \hat{b} . À la date N , la vitesse de pénétration effective b peut-être

différente de celle prédite.

Propriété 1 Si le régulateur optimise le prix de gros sur la base de l'estimation de la vitesse de progression de la pénétration de la fibre, c'est-à-dire s'il fixe $\mathbf{p} = \mathbf{p}_{opt}^N$, en moyenne, même si le régulateur ne se trompe pas, la VAN de l'opérateur historique sera négative pour un certain niveau de WACC, ou de façon équivalente, le TIR moyen sera inférieur au WACC choisi par l'opérateur.

Démonstration : Nous savons d'après l'*Hypothèse 5* que $\int_0^{+\infty} f(b)db = 1$ et $E(b) = \hat{b}$. De plus, si la demande est croissante et concave quel que soit t , nous avons $a \leq 0$. Notons que $S(t, a, b)$ est croissante et concave par rapport à b d'après l'Hypothèse 7.

Nous déduisons donc d'après l'Equation 1 et grâce à l'inégalité de Jensen l'inégalité suivante.

$$\begin{aligned}
E[VAN(b, p_{opt}^N)] &= \\
&= \frac{\sum_{t=0}^{N-1} S_t(p_{opt}^N - c)}{(1 + WACC)^t} - F + \int_0^{+\infty} \left(\sum_{t=N}^{O-1} \frac{S(t, \hat{a}, b)(p_{opt}^N - c)}{(1 + WACC)^t} \right) f(b)db + \sum_{t=0}^T \frac{m(p_{opt}^N - c)}{(1 + WACC)^t} \\
&= \frac{\sum_{t=0}^{N-1} S_t(p_{opt}^N - c)}{(1 + WACC)^t} - F + \sum_{t=N}^{O-1} \frac{(p_{opt}^N - c)}{(1 + WACC)^t} \int_0^{+\infty} S(t, \hat{a}, b) f(b)db + \sum_{t=0}^T \frac{m(p_{opt}^N - c)}{(1 + WACC)^t} \\
&\leq \frac{\sum_{t=0}^{N-1} S_t(p_{opt}^N - c)}{(1 + WACC)^t} - F + \sum_{t=N}^{O-1} \frac{(p_{opt}^N - c)}{(1 + WACC)^t} S(t, \hat{a}, \hat{b}) + \sum_{t=0}^T \frac{m(p_{opt}^N - c)}{(1 + WACC)^t} = 0 \\
&\Rightarrow E[VAN(b, p_{opt}^N)] \leq 0
\end{aligned}$$

Corollaire 1 Si le régulateur n'est pas en mesure de réajuster le prix d'accès pendant la durée de vie de l'investissement, il choisira un prix régulé de l'accès noté $\mathbf{p}_{opt}^{N,fixe}$, avec $\mathbf{p}_{opt}^{N,fixe} > \mathbf{p}_{opt}^N$ qui satisfasse l'égalité suivante :

$$\frac{\sum_{t=0}^{N-1} S_t(p_{opt}^{N,fixe} - c)}{(1 + WACC)^t} - F + \sum_{t=N}^{O-1} \frac{(p_{opt}^{N,fixe} - c)}{(1 + WACC)^t} \int_0^{+\infty} S(t, \hat{a}, b) f(b)db + \sum_{t=0}^T \frac{m(p_{opt}^{N,fixe} - c)}{(1 + WACC)^t} = 0$$

5.2.2.2 Etape 2 : réajustement du prix de l'accès à la période $N + k$

Deux situations sont envisageables en date N :

- si $b > \hat{b}$, le TIR de l'opérateur effectif est supérieur au WACC souhaité par le régulateur. Il n'est pas optimal pour le régulateur de garder en date $N + k$ le prix régulé p_{opt}^N car les consommateurs pourraient bénéficier d'un prix de détail inférieur.
- si $b < \hat{b}$, l'opérateur de gros souhaite une réactualisation du prix d'accès pour ne pas subir une détérioration trop importante de son TIR.

Sans contrainte de plafond sur le prix régulé, en période $N + k$, le régulateur observe la vitesse effective b et réajuste le prix d'accès p_{opt}^N par p_{opt}^{N+k} . Nous avons :

$$\begin{aligned} & \frac{\sum_{t=0}^{N-1} S_t(p_{opt}^N - c)}{(1+WACC)^t} + \sum_{t=N}^{N+k-1} \frac{S(t, \hat{a}, b)(p_{opt}^N - c)}{(1+WACC)^t} \\ & + \sum_{t=N+k}^{O-1} \frac{S(t, \hat{a}, b)(p_{opt}^{N+k} - c)}{(1+WACC)^t} + \sum_{t=0}^T \frac{m(p_{opt}^{N+k} - c)}{(1+WACC)^t} - F = 0, \quad \forall b \in [0, +\infty[\end{aligned} \quad (\text{Eq 4})$$

Considérons maintenant l'effet de la contrainte du plafond p_{max}^{N+k} fixé par le régulateur avec $p_{max}^{N+k} \geq p_{min}^N$.

Propriété 2 : il existe un seuil $b_{min} \geq 0$ en dessous duquel $p_{opt}^{N+k} \geq p_{max}^{N+k}$, avec $p_{max}^{N+k} \geq p_{min}^N$. En effet, la demande est croissante en fonction de b .

Par conséquent, en date $N + k$, sous l'Hypothèse 6, pour de faibles niveaux de pénétration, nous avons :

$$\begin{aligned} & \frac{\sum_{t=0}^{N-1} S_t(p_{opt}^N - c)}{(1+WACC)^t} + \sum_{t=N}^{N+k-1} \frac{S(t, \hat{a}, b)(p_{opt}^N - c)}{(1+WACC)^t} \\ & + \sum_{t=N+k}^{O-1} \frac{S(N, \hat{a}, b)(p_{max}^{N+k} - c)}{(1+WACC)^t} + \sum_{t=0}^T \frac{m(p_{max}^{N+k} - c)}{(1+WACC)^t} - F < 0, \quad \forall b < b_{min} \end{aligned} \quad (\text{Eq 5})$$

Par conséquent, $\forall b \in [0, +\infty]$, avec la contrainte $p_{opt}^{N+k} = p_{max}^{N+k}$, $\forall b < b_{min}$, l'espérance de la VAN est inférieure à zéro. Nous avons :

$$\begin{aligned} & \frac{\sum_{t=0}^{N-1} S_t(p_{opt}^N - c)}{(1+WACC)^t} - F \\ & + \int_0^{b_{min}} \left(\sum_{t=N}^{N+k-1} \frac{S(t, \hat{a}, b)(p_{opt}^N - c)}{(1+WACC)^t} + \sum_{t=N+k}^{O-1} \frac{S(N, \hat{a}, b)(p_{max}^{N+k} - c)}{(1+WACC)^t} + \sum_{t=0}^T \frac{m(p_{max}^{N+k} - c)}{(1+WACC)^t} \right) f(b) db \\ & + \int_{b_{min}}^{+\infty} \left(\sum_{t=N}^{N+k-1} \frac{S(t, \hat{a}, b)(p_{opt}^N - c)}{(1+WACC)^t} + \sum_{t=N+k}^{O-1} \frac{S(N, \hat{a}, b)(p_{opt}^{N+k} - c)}{(1+WACC)^t} + \sum_{t=0}^T \frac{m(p_{opt}^{N+k} - c)}{(1+WACC)^t} \right) f(b) db < 0 \end{aligned} \quad (\text{Eq 6})$$

Pour rétablir le niveau de $WACC$ choisi par le régulateur, il faut donc rehausser le prix de l'accès en incluant une prime de risque pour l'opérateur historique. La prime de risque permet d'annuler l'espérance de la VAN¹⁰¹. Nous avons :

$$\begin{aligned} & \frac{\sum_{t=0}^{N-1} S_t(p_{opt}^N + prime - c)}{(1+WACC)^t} - F \\ & + \int_0^{b_{min}} \left(\sum_{t=N}^{N+k-1} \frac{S(t, \hat{a}, b)(p_{opt}^N + prime - c)}{(1+WACC)^t} + \sum_{t=N+k}^{O-1} \frac{S(N, a, b)(p_{max}^{N+k} + prime - c)}{(1+WACC)^t} + \sum_{t=0}^T \frac{m(p_{max}^{N+k} + prime - c)}{(1+WACC)^t} \right) f(b) db \end{aligned}$$

¹⁰¹ Il convient de noter qu'on annule ici l'espérance de la VAN et non la VAN. En d'autres termes, cette équation peut être négative en réalité, mais en moyenne la VAN est nulle. Ainsi, étant donné que l'opérateur est averse au risque, il faut que l'espérance soit strictement positive. En conséquence, la prime de risque qui est ici calculée est une prime de risque minimale.

$$+ \int_{b_{min}}^{+\infty} \left(\sum_{t=N}^{N+k-1} \frac{S(t,a,b)(p_{opt}^N + prime - c)}{(1+WACC)^t} + \sum_{t=N+1}^{O-1} \frac{S(N,a,b)(p_{opt}^{N+1} + prime - c)}{(1+WACC)^t} + \sum_{t=O}^T \frac{m(p_{opt}^{N+k} + prime - c)}{(1+WACC)^t} \right) f(b) db = 0 \quad (\text{Eq 7})$$

6 Application pour le marché fixe du Qatar

Nous avons présenté à la section précédente une démarche générale pour calculer la prime de risque à inclure au prix de l'accès dans le cadre d'une régulation asymétrique du fait de la hausse plafond du prix régulé de l'accès. Le but de l'exercice qui suit est d'appliquer ce cadre d'analyse à la situation et au contexte du marché fixe du THD au Qatar. L'objet de l'exercice n'est pas ici d'optimiser le plafond du prix régulé de l'accès en fonction de l'élasticité de la demande ou d'autres facteurs. Nous considérons que ce plafond est fixé de manière exogène. Le but de la simulation est d'évaluer la prime de risque en fonction du niveau du prix plafond et d'autres paramètres pour établir l'ordre de grandeur de la prime de risque dans la situation spécifique du marché fixe THD du Qatar. Nous montrons en l'occurrence que la prime de risque peut être substantielle. En d'autres termes, l'opérateur entrant devrait payer un supplément au prix de l'accès pour que l'opérateur historique soit justement compensé pour le risque initial d'investissement.

6.1 La situation du marché fixe au Qatar

Le gouvernement qatari a décidé en mars 2011 de créer un opérateur public de gros, nommé QNBN, afin de déployer rapidement un réseau fibre et de couvrir toute la population en THD à l'horizon de 2015. Une fois construit, ce réseau public devait être ouvert à tous les opérateurs présents sur le marché pour promouvoir l'accessibilité des consommateurs aux offres Internet THD et assurer au minimum un duopole sur le marché de détail.

La menace pour l'opérateur dominant, Ooredoo, d'un futur réseau fibre public est devenue crédible dès lors que l'État s'est ouvertement engagé dans le projet. Ooredoo a donc probablement anticipé le fait que s'il n'investissait pas lui-même dans le réseau fibre, l'État le ferait à sa place et que le réseau serait ouvert au concurrent direct, Vodafone, et qu'il perdrait sa position dominante sur le marché fixe. Cette anticipation a probablement incité *in fine* Ooredoo à déployer rapidement son propre réseau afin de garder sa position dominante sur le marché fixe (voir Essai 1).

Ex-post, maintenant que le réseau fibre est totalement déployé, la question est de savoir comment fixer le prix de l'accès et quels risques d'investissement le régulateur doit-il prendre en compte. En fait, le cadre d'analyse de la section précédente semble intéressant pour la situation du Qatar pour les raisons suivantes :

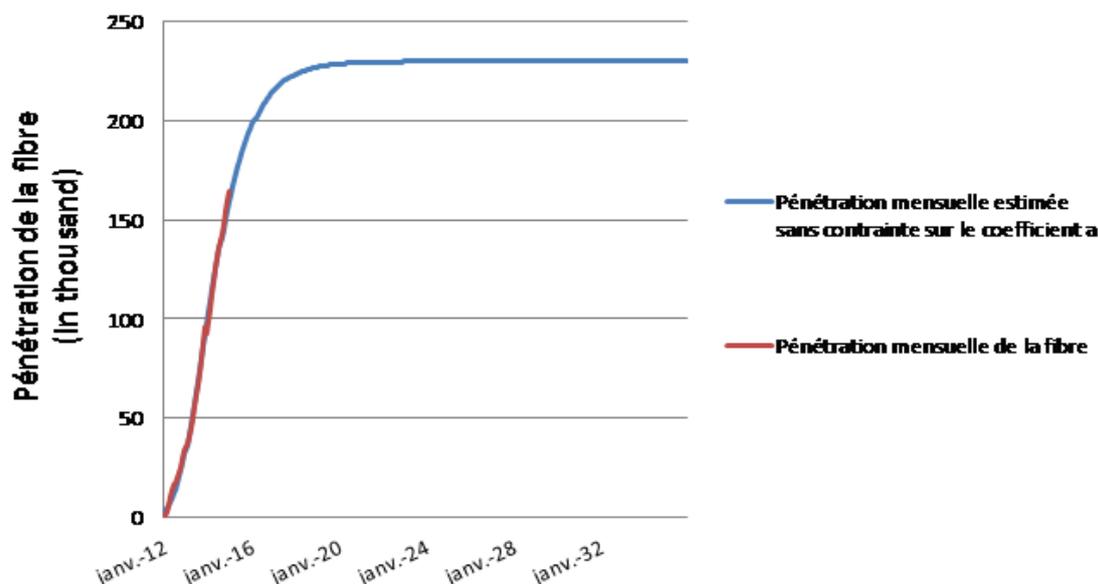
- Il continue d'exister une certaine incertitude sur le taux à venir de migration des consommateurs du cuivre vers la fibre, *in fine* sur la pénétration de la fibre avant le *switch-off* total du réseau cuivre.
- Un prix d'accès qui s'ajuste automatiquement à la hausse, sans limite, en fonction de la pénétration effective de la fibre peut, dans une certaine mesure, aller à l'encontre des efforts du gouvernement pour encourager au maximum les consommateurs à migrer rapidement de l'ancienne vers la nouvelle technologie, de la volonté des pouvoirs publics pour améliorer l'accessibilité des offres Internet THD, et de la méthode de calcul du prix de l'accès basée sur les coûts.

6.2 Calibration du modèle

La durée de vie de la fibre est fixée à 25 ans, ce qui correspond à la durée de garantie du câble déployé pour la fibre (Fibre to the Home Council Europe 2013) et à la durée de vie du réseau fibre choisie par d'autres régulateurs tel que le régulateur français pour le calcul du prix de l'accès (ARCEP 2014).

La demande de long terme est fixée à 230 000, ce qui correspond à la couverture totale, exprimée en nombre de prises pour les ménages et les entreprises du projet de déploiement de la fibre par Ooredoo. Nous estimons tout d'abord l'évolution de la pénétration mensuelle de la fibre, c'est-à-dire les coefficients a et b de la fonction $S(N, a, b) = m \exp^{-\exp^{-b(t-a)}} \quad \forall t = [0, T]$ sur la base des données mensuelles fournies par le régulateur qatari pour les années 2012, 2013 et 2014. Nous obtenons $\hat{a} = 21,75$ et $\hat{b} = 0.07$. La courbe est donc croissante et devient au 22^{ème} mois concave. Au regard au Graphique 17, la courbe de Gompertz semble parfaitement bien retranscrire l'évolution de la demande au cours du temps.

Graphique 17 : Evolution du nombre de consommateurs de la fibre

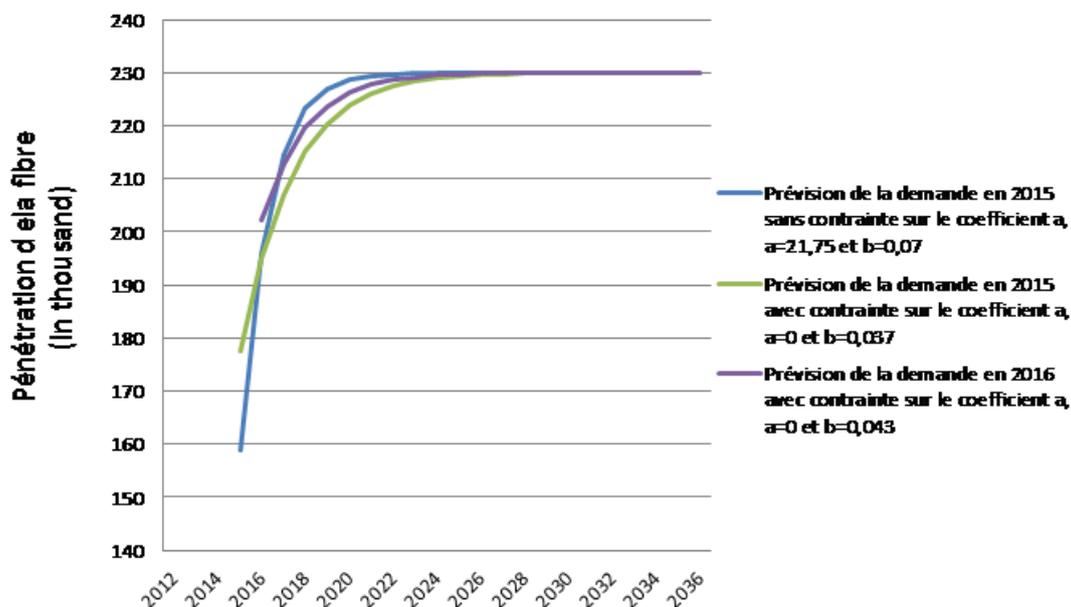


Nous proposons d'étudier l'impact de la date de régulation sur le risque d'investissement de

l'opérateur historique. En effet, plus la date de régulation est proche, plus l'incertitude sur la pénétration future de la fibre est élevée et plus la prime de risque, toutes choses égales par ailleurs, devrait être élevée. Nous proposons donc d'évaluer successivement la prime de risque lorsque la régulation de l'accès débute en 2015 et 2016 ($N = \{2015, 2016\}$). Pour ces deux situations, le régulateur dispose respectivement de trois ou quatre années d'observation sur l'évolution de la demande passée. Le régulateur doit prédire la pénétration future pour les années 2015-2036 et 2016-2036 respectivement.

Pour simuler le risque portant sur la pénétration future de la fibre, nous devons construire un ensemble de scénarii basés sur différentes vitesses de progression de la fibre, c'est-à-dire sur différentes valeurs du coefficient b . Or, le coefficient \hat{a} estimé est strictement positif et faire varier le coefficient b créerait des discontinuités de la courbe de pénétration de la fibre. Pour éviter cela, nous choisissons de ré-estimer la pénétration future de la fibre pour les périodes futures, au-delà de la date N , en posant la contrainte $a = 0$. Les coefficients \widehat{b}_N , $\forall N = \{2015, 2016\}$, sont estimés sur la base de la pénétration prédite sans la contrainte $a = 0$. Nous montrons ci-après que la contrainte $a = 0$ biaise de moins en moins les prévisions, relativement à l'estimation sans contrainte plus la date du début de la régulation est éloignée dans le temps. Nous trouvons : $\widehat{b}_{2015} = 0,037$ et $\widehat{b}_{2016} = 0,043$. En l'occurrence, lorsqu'on se situe en 2015 et 2016, la prévision concave avec la contrainte $a = 0$ semble bien retranscrire la prévision de la demande sans la contrainte comme illustré au Graphique 18.

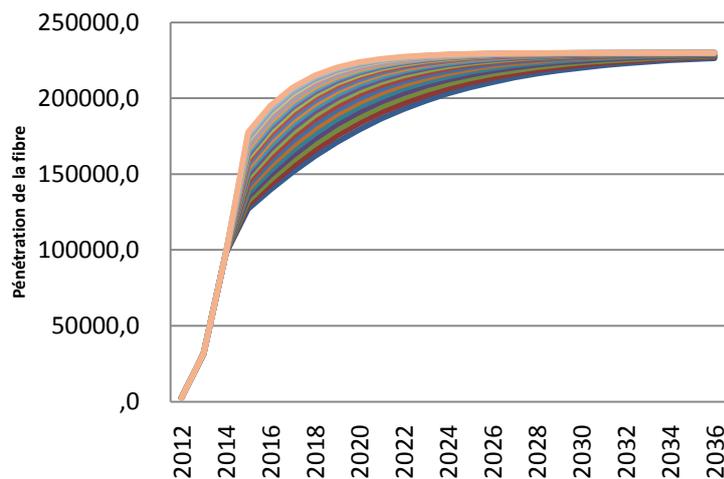
Graphique 18: Prévision de la pénétration de la fibre



Puisque la prévision de la pénétration de la fibre est concave, il est alors facile de construire, pour une certaine date de régulation N , différents scénarii qui divergent selon la vitesse de pénétration de la fibre. Les vitesses hypothétiques de pénétration sont notées par b_N , elles sont inférieures ou égales

au taux anticipé noté \widehat{b}_N . Nous choisissons 23 vitesses de progression de la fibre qui sont inférieures à \widehat{b}_N . Pour cela, nous diminuons de manière itérative avec un pas de 0.001 le coefficient \widehat{b}_N estimé. Nous notons par b_N^s l'ensemble qui contient les différentes vitesses hypothétiques de pénétration de la fibre. Cet ensemble comprend l'estimation \widehat{b}_N et les 23 autres valeurs sélectionnées inférieures à \widehat{b}_N . On note par b_N^e un élément de cet ensemble avec $e = 1, \dots, 24$. Les scénarios sont illustrés au Graphique 19 pour $N = \{2015\}$.

Graphique 19: Scénarios d'évolution de la pénétration de la fibre à partir de 2015



Jusqu'à présent, nous avons supposé que le régulateur n'imposait pas d'obligation de *switch-off* du cuivre vers la fibre. Pourtant, il est nécessaire d'étudier l'impact du degré d'éloignement de la date d'obligation du *switch-off* du cuivre sur la prime de risque. *A priori*, plus la date d'obligation du *switch-off* est proche et plus l'incertitude sur la demande est faible et plus la prime de risque devrait être faible. Nous proposons d'évaluer la prime de risque pour une obligation de *switch-off* en 2022, en 2030 et sans l'obligation de *switch-off*¹⁰². On note par O^s l'ensemble de ces dates. On suppose par ailleurs que la distribution de b_N est log-normale et l'on note par $F^{-1}(\cdot)$ l'inverse de la fonction de distribution cumulative. Nous choisissons une fonction de distribution log-normale car il est peu vraisemblable que la pénétration de la fibre diminue dans les années à venir. L'espérance est égale à $\ln(\widehat{b}_N)$ et la variance de b_N est donnée comme suit :

$$V(b_N, \alpha) = \alpha \widehat{b}_N \quad \forall N = \{2015, 2016\}, \alpha > 0$$

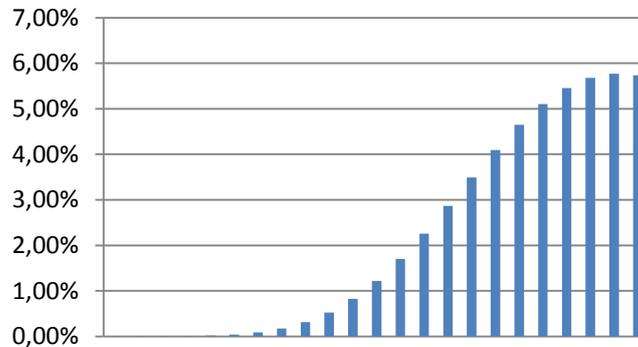
¹⁰² pour une date ultérieure à la date de fin de vie de l'infrastructure, ici $O = 26$.

Nous pouvons alors construire la distribution de b_N de la manière suivante :

$$P(b_N^e) = \begin{cases} F^{-1}(b_N^e) & \text{for } b_N^e = \min\{b_N^s\} \\ F^{-1}(b_N^{e+1}) - F^{-1}(b_N^e) & \text{for } b_N^e \in]\min\{b_N^s\}, \max\{b_N^s\}[\\ 1 - F^{-1}(b_N^e) & \text{for } b_N^e = \max\{b_N^s\} = \widehat{b}_N \end{cases}$$

Nous choisissons de ne pas prendre en compte la partie droite de la fonction de distribution et d'appliquer un poids $1 - F^{-1}(b_N^e)$ car le prix régulé de gros est automatiquement réévalué à la baisse, de manière à garantir un certain niveau de rentabilité pour l'opérateur historique, si la vitesse de progression de la fibre s'avère supérieure à celle espérée. Nous illustrons au Graphique 20 la distribution des 23 valeurs inférieures à \widehat{b}_N pour $N = 2015$.

Graphique 20: Distribution des vitesses de pénétration inférieures à celle prédite pour 2015



Comme nous l'avons supposé, la variance b_N dépend du coefficient α . Nous choisissons de calculer la prime de risque pour différentes valeurs de α afin d'étudier l'effet de la variance sur la valeur de la prime de risque. Nous choisissons donc un ensemble α^s de manière à ce que la variance de la vitesse de pénétration soit réaliste. En particulier, les éléments de α^s doivent être calibrées pour refléter la probabilité actuelle que le *switch-off* du cuivre vers la fibre ne soit pas effective avant 2022. Nous choisissons $\alpha^s = \{3, 4, 5\}$ car nous avons :

$$P(S(t = 2022, a = 0, b_{2015}) < 0.98m) = \begin{cases} 10\% \text{ for } \alpha = 3 \\ 17\% \text{ for } \alpha = 4 \\ 22\% \text{ for } \alpha = 5 \end{cases}$$

En d'autres termes, à l'heure actuelle, avec $\alpha = 3$, $\alpha = 4$, ou $\alpha = 5$, la probabilité que le taux de pénétration de la fibre soit inférieur à 98% en 2022 est égale à 10%, 17% et 22% respectivement. Ces valeurs semblent cohérentes et refléter la variabilité de la vitesse du taux de pénétration de la fibre dans les années à venir sur le marché fixe du Qatar.

Il ne reste plus qu'à fixer le plafond du prix régulé pour l'année $N + k$, noté p_{max}^{N+k} . La fixation de ce

plafond est fondamentale et va fortement impacter le résultat de la prime de risque comme nous le verrons par la suite. Nous supposons que le plafond est défini en fonction du prix régulé de l'année N , noté $p_{opt,b}^N$. Nous posons :

$$p_{max}^{N+k} = \beta p_{opt}^N$$

Nous choisissons de faire varier le coefficient β de 1.01 à 1.11 et notons par β^s l'ensemble de ces valeurs. Nous estimons donc la prime de risque pour un continuum de situations : la hausse maximale du prix régulé entre l'année N et l'année $N + k$ varie de 1% à 11%.

Nous résumons au Tableau 2 la valeur des paramètres pour le calcul de la prime de risque.

Tableau 2 : Résumé de la valeur des paramètres

Variable	Valeur
WACC	10%
T	25
O^s	{2022,2030, > 2036}
m	230 000
α^s	{4,5,6}
β^s	de 1.1 à 1.11 avec un pas de 0.01
F	275 millions de dollars
c	Un coût total de renouvellement égale à 1% de F, soit environ \$12/an/prise
N	{2015,2016}

6.3 Résultats et analyse de sensibilité

Nous décrivons dans les sous-sections qui suivent les résultats de la simulation en essayant en particulier d'étudier la sensibilité de la prime de risque à la hausse plafond du prix régulé, à la date de la régulation de l'accès, à la variance, à la date de *switch-off* et à la fréquence du réajustement du prix de l'accès.

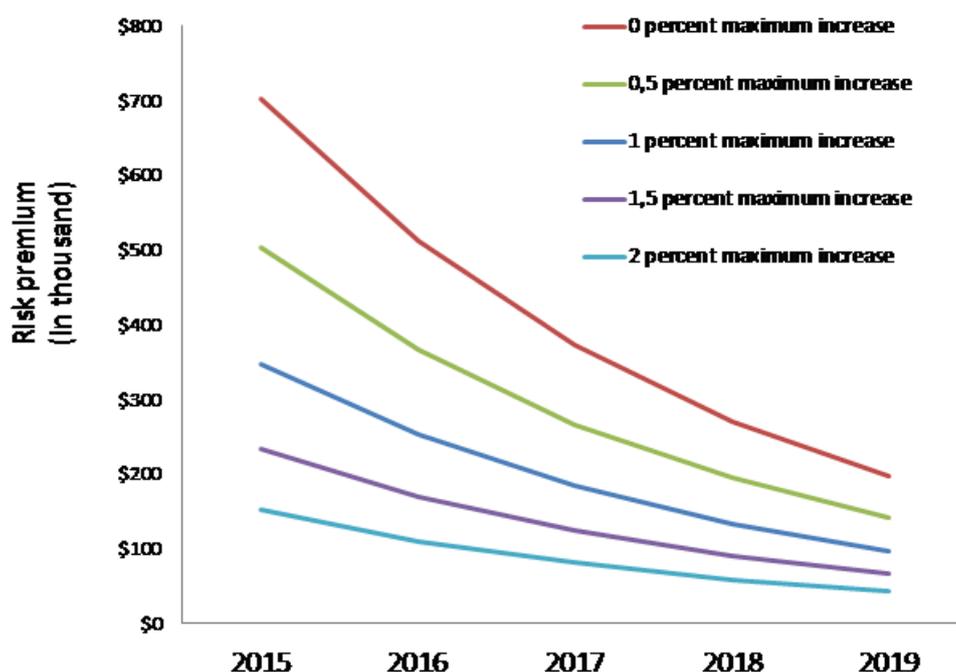
Tout d'abord, remarquons que ce modèle semble bien calibré dans la mesure où le prix régulé que nous trouvons sans prise en compte de la prime de risque est égale à environ \$192/prise/an, ce qui est très légèrement au-dessus de l'estimation du prix régulé de l'accès à un réseau représentatif européen, sur la base de la méthodologie bottom-up de type Greenfield LRIC (WIK-Consult 2011).

6.3.1. Prime de risque annuelle, transitoire

Nous calculons la prime de risque totale actualisée pour une régulation en 2015, pour un niveau moyen de variance et pour différents niveaux de rigidité à la hausse du prix régulé entre 2015 et 2016. Nous supposons que la prime annuelle décroît sur 5 ans à un taux de 20% par an.

- Comme illustré au graphique suivant, nous trouvons que l'entrant devrait payer au maximum une prime d'environ 700 000 dollars à l'opérateur historique la première année, ici en 2015 si le réseau fibre d'Ooredoo avait été ouvert aux concurrents. Ce montant décroît de 20% par an pendant 5 ans (les montants sont actualisés au taux de 10%).
- Evidemment, nous trouvons que le montant de la prime de risque est fortement dépendante de la hausse plafond du prix régulé. En effet, pour une hausse maximale de 2% du prix régulé entre l'année 2015 et l'année 2016, nous trouvons que la prime annuelle atteint seulement 150 000 dollars la première année. Nous déduisons que la prime de risque est loin d'être proportionnelle à la rigidité du prix régulé.

Graphique 21: Prime de risque annuelle actualisée et transitoire

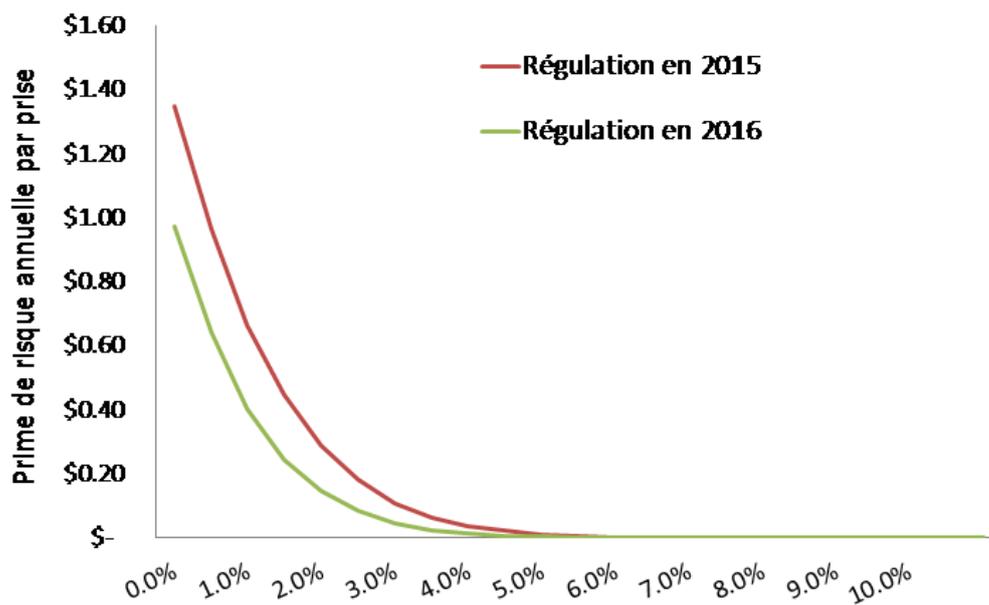


6.3.2. Sensibilité de la prime à la date de la régulation de l'accès

Nous calculons la prime de risque pour différentes dates de régulation de l'accès en supposant que la date d'obligation du *switch-off* est fixée à 2022 ($O = 10$), pour un niveau moyen de variance ($\alpha = 4$) et pour un réajustement du prix en année $N + 1$. Nous constatons que :

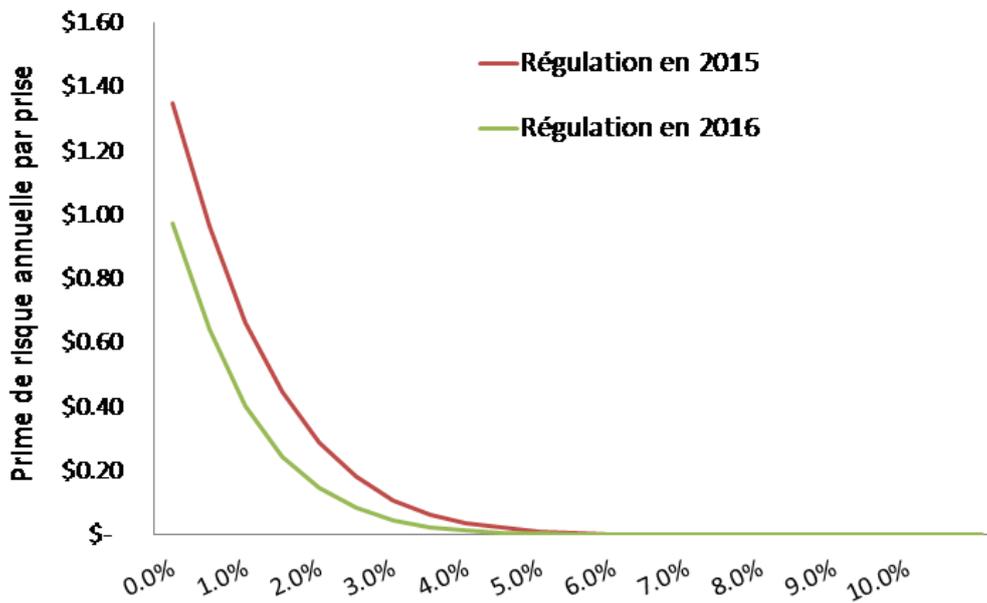
- La prime de risque annuelle par prise est relativement faible. Comme illustré au Graphique 22, cette prime ne dépasse pas 1.4 dollars.
- La prime, en fonction du plafond du prix régulé tend très rapidement vers zéro. Au-delà de 5% d'augmentation maximale entre le prix régulé entre l'année N et l'année $N+1$, la prime est nulle quelle que soit la date de la régulation,

- La prime pour une régulation en 2016 est plus faible que pour une régulation en 2015. Ce différentiel est d'autant plus élevé que la hausse maximale du prix régulé entre l'année N et N+1 est faible. Comme illustré au

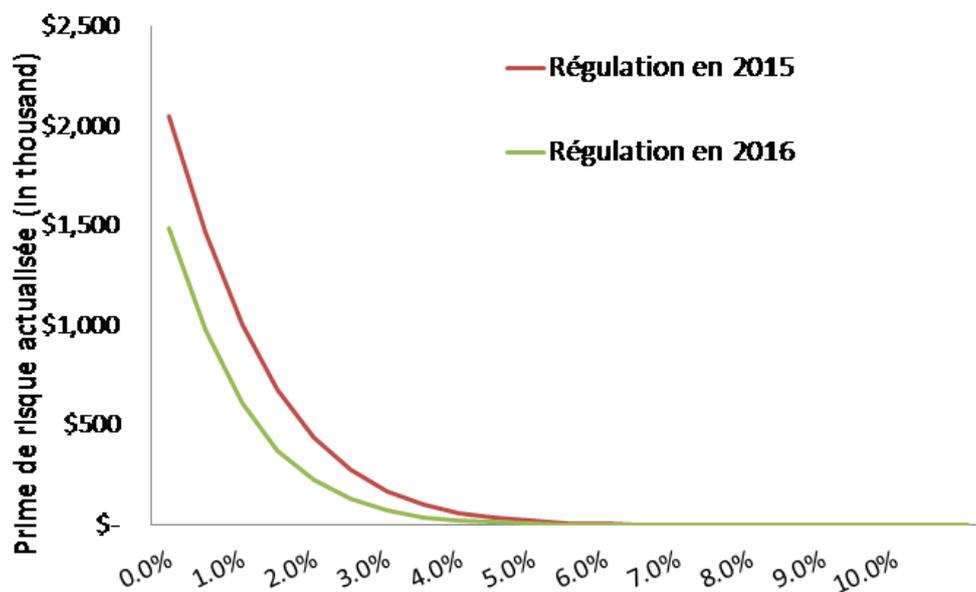


- Graphique 23, la prime de risque totale actualisée ne dépasse pas 2 millions de dollars pour une régulation en 2015 alors qu'elle est inférieure à 1.5 millions de dollars pour une régulation en 2016.

Graphique 22: Prime de risque annuelle par prise en fonction de la hausse maximale du prix régulé pour une régulation en 2015 et 2016



Graphique 23: Prime de risque totale et actualisée en fonction de la hausse maximale du prix régulé pour une régulation en 2015 et 2016

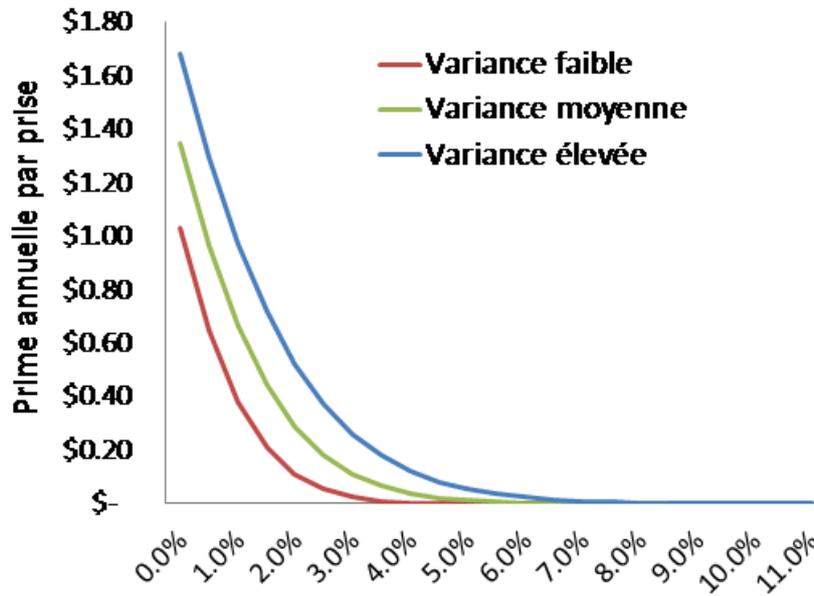


6.3.3. Sensibilité à la variance de la vitesse de progression de la demande

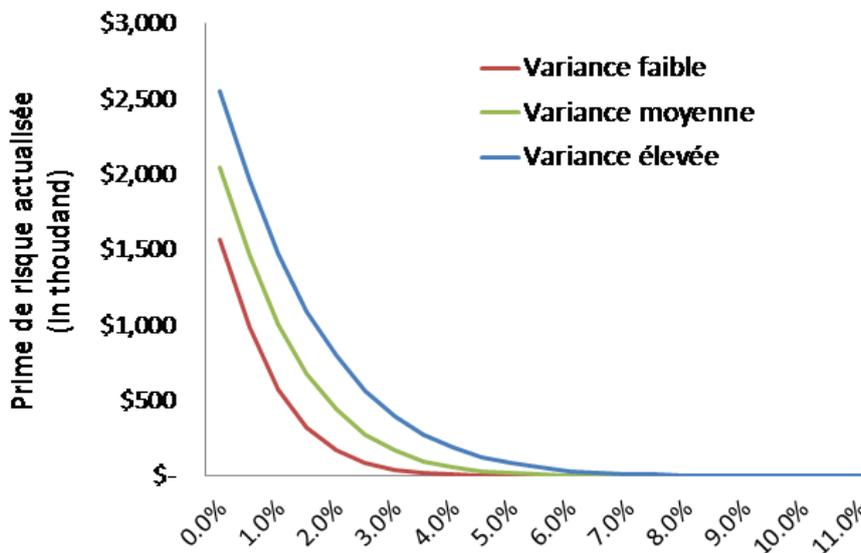
Nous calculons la prime de risque à inclure au prix d'accès pour une régulation en 2015 et pour différentes valeurs du coefficient α de la variance $V(b_{1015}, \alpha)$, $\alpha = \{3, 4, 5\}$, en supposant que la date

d'obligation du *switch-off* est fixée à 2022 ($o = 10$). Nous constatons que la prime augmente avec la variance. La prime totale actualisée peut atteindre au maximum 2.5 millions de dollars pour une variance élevée, alors qu'elle est inférieure à 1.5 millions de dollars pour une variance faible.

Graphique 24: Prime de risque annuelle par prise en fonction de la hausse maximale du prix régulé pour différents niveaux de variance



Graphique 25: Prime de risque totale et actualisée en fonction de la hausse maximale du prix régulé pour différents niveaux de variance

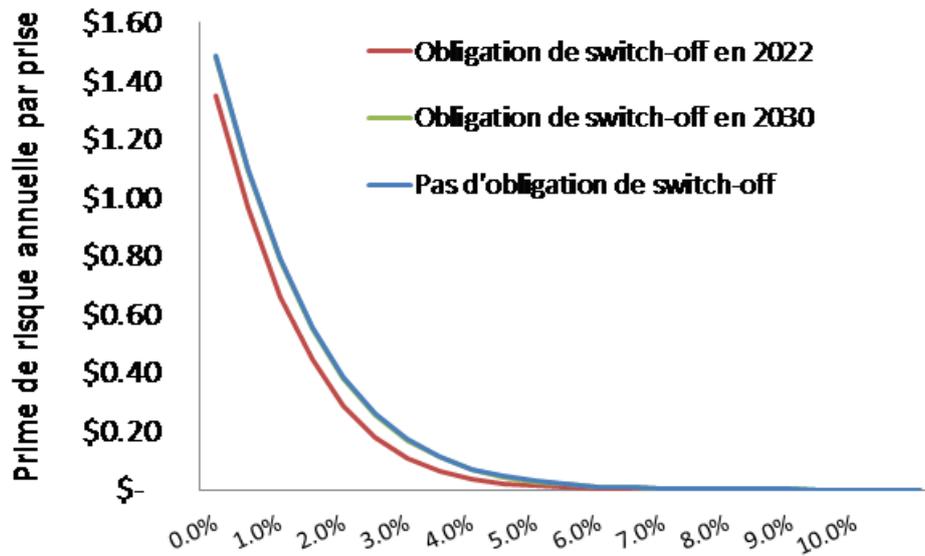


6.3.4. Sensibilité à la date d'obligation du *switch-off* du cuivre

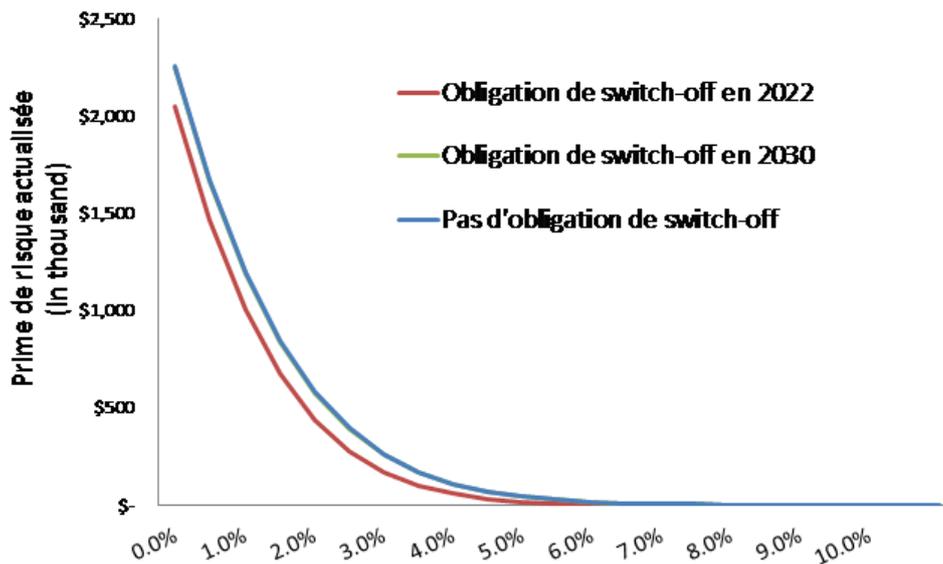
Nous calculons la prime à inclure au prix d'accès pour une régulation en 2015 et pour différentes dates d'obligation de *switch-off* du réseau cuivre, $o = \{2022, 2030, > 2036\}$, et pour un niveau moyen

de variance ($\alpha = 4$). Nous constatons que la prime de risque diminue faiblement avec un rapprochement de la date d'obligation de *switch-off* car le taux de pénétration atteint en moyenne très rapidement, aux alentours de 2020, le taux maximum de 100%.

Graphique 26: Prime de risque annuelle par prise en fonction de la hausse maximale du prix régulé pour différentes dates de *switch-off* du cuivre



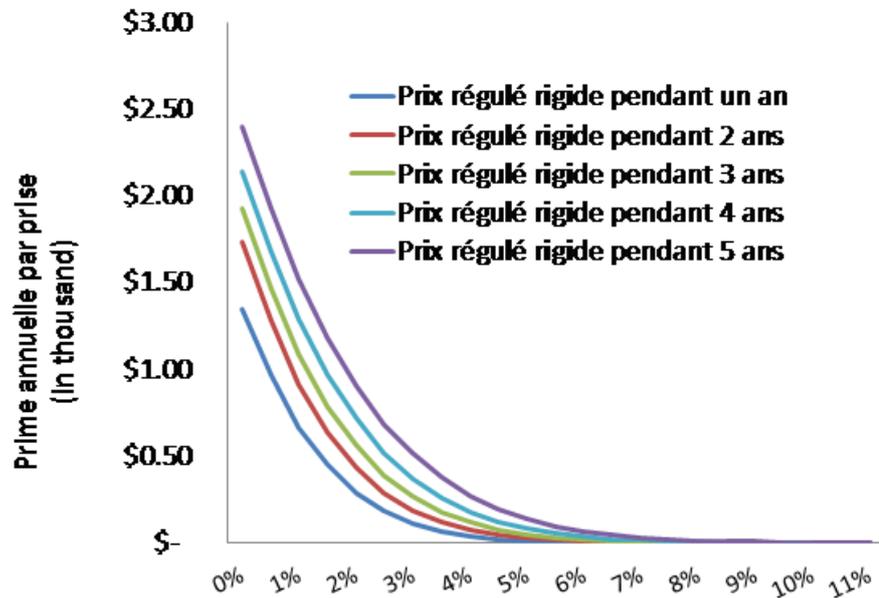
Graphique 27: Prime de risque totale et actualisée en fonction de la hausse maximale du prix régulé pour différentes dates de *switch-off* du cuivre



6.3.5. Sensibilité de la prime de risque à la fréquence du réajustement

Comme nous l'avons mentionné à la section 5, la fréquence du réajustement du prix régulé est une variable influente de la prime de risque. En effet, toutes choses égales par ailleurs, moins le

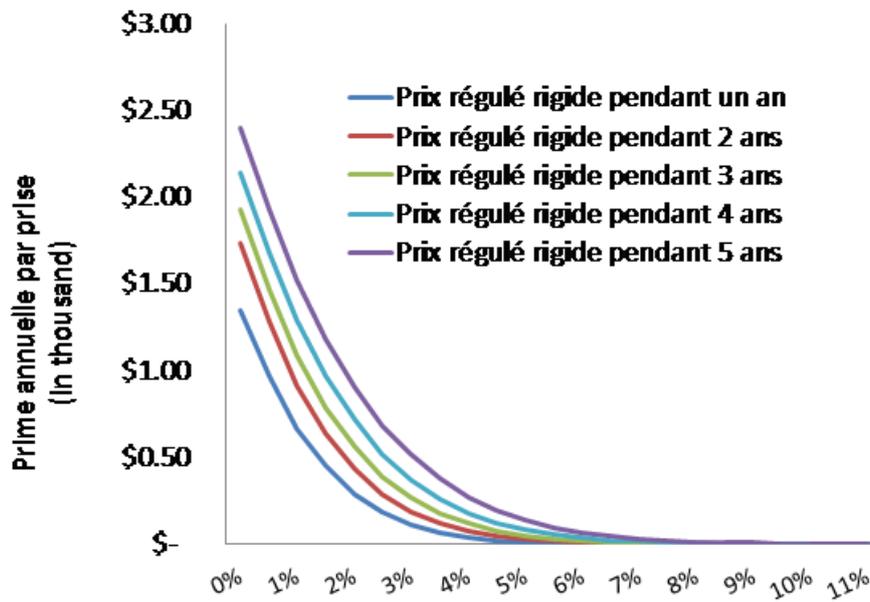
réajustement du prix régulé est régulier, plus le réajustement du prix régulé, après la période de rigidité du prix régulé, est important, et donc plus il est probable que le prix ajusté soit contraint à la hausse par le plafond fixé par le régulateur. Les résultats présentés au Graphique 28 sont donc cohérents. De plus, si le régulateur ne réajuste pas le prix régulé (hausse maximale de 0%), il est



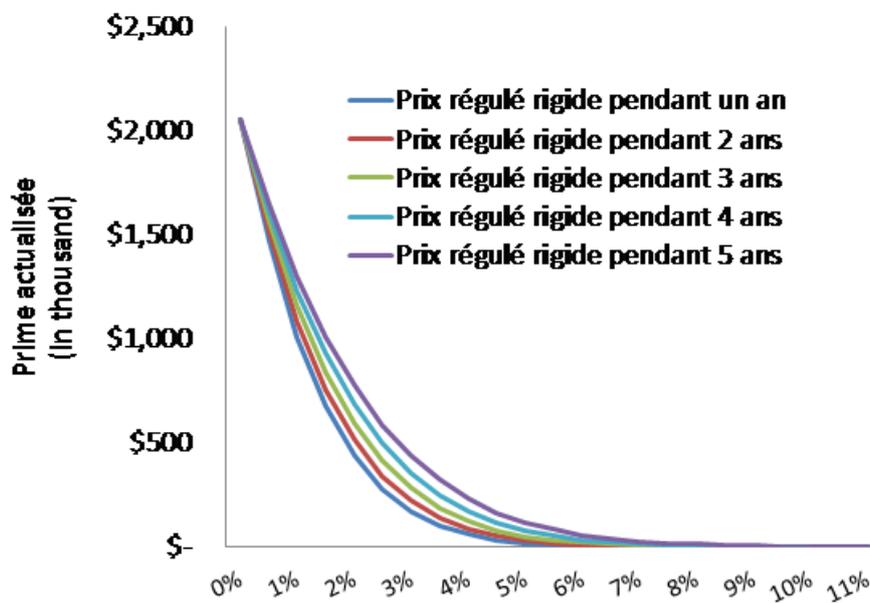
évident comme illustré au

Graphique 29 que la prime totale actualisée ne dépende pas de la fréquence du réajustement du prix d'accès.

Graphique 28 : Prime de risque annuelle en fonction de la hausse maximale du prix régulé pour différentes périodicités du réajustement du prix régulé



Graphique 29: Prime de risque totale et actualisée en fonction de la hausse maximale du prix régulé pour différentes périodicités du réajustement du prix régulé



7 Conclusion

Pour résumer, nous avons montré que le profil de risque de l'opérateur historique qui investit dans un nouveau réseau de télécommunications est tout à fait singulier. L'opérateur historique qui investit est contraint par un ensemble de coûts irrécupérables. Par conséquent, le prix régulé de l'accès doit prendre en considération la spécificité du risque encouru par l'opérateur historique et en particulier l'aspect irréversible de certains coûts d'investissement.

Nous avons montré en l'occurrence qu'une régulation asymétrique, empreinte d'une certaine rigidité à la hausse du prix régulé, conduit à un TIR moyen pour l'opérateur historique inférieur à celui souhaité par le régulateur, d'où la nécessité d'introduire une prime de risque au prix de l'accès. Cette prime de risque assure que la régulation de l'accès ne dés-incite pas l'investissement, non plus ne favorise un opérateur au détriment d'un autre.

Le cadre d'analyse que nous proposons a été appliqué à la situation du marché fixe THD au Qatar. Nous trouvons que la prime de risque annuelle par prise à intégrer au prix de l'accès pour l'opérateur dominant au Qatar diminue fortement avec la hausse maximale du prix régulé de l'accès mais de moins en moins vite. La prime pour une régulation en 2015 est quasi-nulle si la hausse maximale du prix régulé de l'accès est supérieure à 5%. Au contraire, elle atteint le niveau maximal de \$1.4/prise/an lorsque le régulateur n'ajuste pas du tout le prix régulé aux faibles taux de pénétration observés sur le réseau fibre. Notons que la prime annuelle par prise peut sembler négligeable alors que la prime totale agrégée est tout à fait substantielle. Celle-ci varie de 0 à 2 millions de dollars en fonction du niveau de la hausse plafond du prix régulé. En outre, nous trouvons que la prime de risque dépend négativement de la fréquence du réajustement du prix régulé. En revanche, la date d'obligation du *switch-off* n'a guère d'effet sur la prime de risque car l'incertitude sur la demande future décroît rapidement dans le temps.

Cette étude complète donc l'analyse classique qui consiste à calculer la prime de risque via la méthode du CAPM. En effet, nous avons pris en compte, pour le calcul de la prime de risque, la spécificité du profil de risque de l'opérateur historique, en particulier, le caractère irréversible de certains coûts d'investissement.

Pour évaluer totalement le montant de la compensation financière à attribuer à l'opérateur historique pour l'ouverture de son réseau, il conviendrait toutefois de compléter notre analyse par d'autres évaluations. En particulier, il serait nécessaire de calculer la valeur de l'option réelle pour l'opérateur historique de sortir du marché avant la fin de la durée de vie de l'investissement. En effet, les entrants ont la possibilité de sortir du marché si une nouvelle technologie plus efficiente fait irruption alors que l'opérateur historique est toujours contraint par des coûts irrécupérables. Cette asymétrie entre les opérateurs doit être considérée par le régulateur pour concevoir une régulation optimale de l'accès.

En fait, il apparaît difficile d'évaluer la valeur de l'option réelle en question car le calcul dépendrait très fortement des hypothèses et de la calibration en ce qui concerne par exemple la probabilité d'apparition de nouvelles technologies concurrentes.

8 Bibliographie

- Adlittle. 2013. « National Fibre Strategies; national economic imperative or just another private industry task? »
- Aghion, Philippe, Stefan Bechtold, Lea Cassar, et Holger Herz. 2014. « The Causal Effects of Competition on Innovation: Experimental Evidence ». NBER Working Paper 19987. National Bureau of Economic Research, Inc. <http://econpapers.repec.org/paper/nbrnberwo/19987.htm>.
- Aghion, Philippe, Nicholas Bloom, Richard Blundell, Rachel Griffith, et Peter Howitt. 2002. « Competition and Innovation: An Inverted U Relationship ». Working Paper 9269. National Bureau of Economic Research. <http://www.nber.org/papers/w9269>.
- Alleman, James, Gary Madden, et Hak-Ju Kim. 2009. « Real Options Methodology Applied to the ICT Sector: A Survey ». SSRN Scholarly Paper ID 1354094. Rochester, NY: Social Science Research Network. <http://papers.ssrn.com/abstract=1354094>.
- Alleman, James, et Paul Rappoport. 2006. « Optimal Pricing with Sunk Cost and Uncertainty ». In *The Economics of Online Markets and ICT Networks*, édité par Professor Russel Cooper, Professor Gary Madden, Professor Ashley Lloyd, et Michael Schipp, 143-55. Contributions to Economics. Physica-Verlag HD. http://link.springer.com/chapter/10.1007/3-7908-1707-4_10.
- ARCEP. 2014. « Modèle générique de tarification de l'accès aux réseaux en fibre optique jusqu'à l'abonné en dehors des zones très denses ».
- Armstrong, Mark. 2006. « Competition in Two-Sided Markets ». *The RAND Journal of Economics* 37 (3): 668-91. doi:10.1111/j.1756-2171.2006.tb00037.x.
- Arnott, Richard, et Kenneth Small. 1994. « The Economics of Traffic Congestion ». *American Scientist* 82 (5): 446-55.
- Arrow, Kenneth. 1962. « Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention ». NBER Chapters. National Bureau of Economic Research, Inc. <https://ideas.repec.org/h/nbr/nberch/2144.html>.
- Arthur D. Little. 2013. « National Fibre Strategies; National economic imperative or just another private industry task? »
- Arvind Parmar, et al. 2015. « Adblock Plus Efficacy Study ».
- Australian Government. 2014. « Independent Cost-Benefit Analysis of the NBN ».
- Babaali, Nadia. 2013. « Sweden: a showcase for rural FTTH ».
- Bakos, J. Yannis. 1997. « Reducing Buyer Search Costs: Implications for Electronic Marketplaces ». *Management Science* 43 (12): 1676-92. doi:10.1287/mnsc.43.12.1676.
- Becker, Gary S., et Kevin M. Murphy. 1993. « A Simple Theory of Advertising as a Good or Bad ». *The Quarterly Journal of Economics* 108 (4): 941-64.
- Beltrán, Fernando. 2013. « Effectiveness and Efficiency in the Build-Up of High-Speed Broadband Platforms in Australia and New Zealand ». SSRN Scholarly Paper ID 2448250. Rochester, NY: Social Science Research Network. <http://papers.ssrn.com/abstract=2448250>.
- Booz&co. 2008. « Deregulation 2.0 how service-based competition can drive growth in the MENA Telecom Industry ».
- Bourreau, Marc, Carlo Cambini, et Pınar Doğan. 2012. « Access pricing, competition, and incentives to migrate from “old” to “new” technology ». *International Journal of Industrial Organization* 30 (6): 713-23. doi:10.1016/j.ijindorg.2012.08.007.
- Bourreau, Marc, Carlo Cambini, et Steffen Hoernig. 2012. « Ex ante regulation and co-investment in the transition to next generation access ». *Telecommunications Policy, Regulation and competition in communications markets*, 36 (5): 399-406. doi:10.1016/j.telpol.2011.11.024.
- Bourreau, Marc, et Pınar Doğan. 2001. « Regulation and innovation in the telecommunications industry ». *Telecommunications Policy* 25 (3): 167-84. doi:10.1016/S0308-5961(00)00087-2.

- Bourreau, Marc, et Pinar Doğan. 2004. « Service-based vs. facility-based competition in local access networks ». *Information Economics and Policy* 16 (2): 287-306. doi:10.1016/j.infoecopol.2003.05.002.
- Bourreau, Marc, Frago Kourandi, et Tommaso Valletti. 2015. « Net Neutrality with Competing Internet Platforms ». *The Journal of Industrial Economics* 63 (1): 30-73. doi:10.1111/joie.12068.
- Briglauer, Wolfgang, Georg Ecker, et Klaus Gugler. 2012. « Regulation and Investment in Next Generation Access Networks: Recent Evidence from the European Member States ». Paper. <http://epub.wu.ac.at/3447/>.
- . 2013. « The impact of infrastructure and service-based competition on the deployment of next generation access networks: Recent evidence from the European member states ». *Information Economics and Policy, ICT and Innovation*, 25 (3): 142-53. doi:10.1016/j.infoecopol.2012.11.003.
- Briglauer, Wolfgang, Stefan Frübing, et Ingo Vogelsang. 2014. « The Impact of Alternative Public Policies on the Deployment of New Communications Infrastructure – A Survey ». SSRN Scholarly Paper ID 2530983. Rochester, NY: Social Science Research Network. <http://papers.ssrn.com/abstract=2530983>.
- Briglauer, Wolfgang, et Klaus Gugler. 2013. « The deployment and penetration of high-speed fiber networks and services: Why are EU member states lagging behind? » *Telecommunications Policy, Regulating and investment in new communications infrastructure Understanding ICT adoption and market trends: Papers from recent European ITS regional conferences*, 37 (10): 819-35. doi:10.1016/j.telpol.2013.05.003.
- Calderon, Cesar, et Luis Servén. 2014. « Infrastructure, Growth, and Inequality : An Overview ». WPS7034. The World Bank. <http://documents.worldbank.org/curated/en/2014/09/20210994/infrastructure-growth-inequality-overview>.
- Cambini, Carlo, et Virginia Silvestri. 2012. « Technology Investment and Alternative Regulatory Regimes with Demand Uncertainty ». *Information Economics and Policy* 24 (3-4): 212-30. doi:10.1016/j.infoecopol.2012.08.003.
- Cave, Martin E., Antoine Fournier, et Natalia Shutova. 2012. « The Price of Copper and the Transition to Fibre ». SSRN Scholarly Paper ID 2200294. Rochester, NY: Social Science Research Network. <http://papers.ssrn.com/abstract=2200294>.
- Cave, Martin, et Ian Martin. 2010. « Motives and means for public investment in nationwide next generation networks ». *Telecommunications Policy* 34 (9): 505-12.
- Cheng, Hsing Kenneth, Subhajyoti Bandyopadhyay, et Hong Guo. 2010. « The Debate on Net Neutrality: A Policy Perspective ». *Information Systems Research* 22 (1): 60-82. doi:10.1287/isre.1090.0257.
- Choi, Jay Pil, Doh-Shin Jeon, et Byung-Cheol Kim. 2015. « Net Neutrality, Business Models, and Internet Interconnection ». *American Economic Journal: Microeconomics* 7 (3): 104-41.
- Commission Européenne. 2010. « Digital Agenda: Commission outlines action plan to boost Europe's prosperity and well-being ».
- Copeland, Thomas E. 2005. « How Much Is Flexibility Worth? »
- Crandall, Robert W., Jeffrey A. Eisenach, et Allan T. Ingraham. 2013. « The Long-Run Effects of Copper-Loop Unbundling and the Implications for Fiber ». *Telecommunications Policy* 37 (4-5): 262-81. doi:10.1016/j.telpol.2012.08.002.
- Curien, Nicolas. 2013. « Net Neutrality is Imperfect and Should Remain So! » EUI-RSCAS Working Paper 22. European University Institute (EUI), Robert Schuman Centre of Advanced Studies (RSCAS). <https://ideas.repec.org/p/erp/euirsc/p0337.html>.
- Curien, Nicolas, et Winston Maxwell. 2011. *La neutralité d'Internet*. La Découverte.
- Dixit, A.K., et R.S. Pindyck. 1995. « The Options Approach to Capital Investment ». *Long Range Planning* 28 (4): 129-129. doi:10.1016/0024-6301(95)94310-U.

- Dixit, Avinash. 1982. « Recent Developments in Oligopoly Theory ». *American Economic Review* 72 (2): 12-17.
- Economides, Nicholas. 2010. « Why Imposing New Tolls on Third-Party Content and Applications Threatens Innovation and will not Improve Broadband Providers' Investment ». SSRN Scholarly Paper ID 1627347. Rochester, NY: Social Science Research Network. <http://papers.ssrn.com/abstract=1627347>.
- Economides, Nicholas, et Benjamin E. Hermalin. 2012a. « The Economics of Network Neutrality ». *The RAND Journal of Economics* 43 (4): 602-29. doi:10.1111/1756-2171.12001.
- . 2012b. « The Economics of Network Neutrality ». *The RAND Journal of Economics* 43 (4): 602-29. doi:10.1111/1756-2171.12001.
- Economides, Nicholas, et Joacim Tåg. 2012a. « Network neutrality on the Internet: A two-sided market analysis ». *Information Economics and Policy* 24 (2): 91-104. doi:10.1016/j.infoecopol.2012.01.001.
- . 2012b. « Network neutrality on the Internet: A two-sided market analysis ». *Information Economics and Policy* 24 (2): 91-104. doi:10.1016/j.infoecopol.2012.01.001.
- Estache, Antonio, et Grégoire Garsous. 2012. « The impact of infrastructure on growth in developing countries ». *IFC Economic notes*.
- European Commission. 2010. « Commission Recommendation on regulated access to Next Generation Access Networks (NGA) ».
- FCC. 2015. « Report and order on remand, declaratory ruling, and order ».
- Federal Communications Commission. 2009. « In the matter of preserving the open Internet; broadband industry practices, Notice of proposed rule-making ».
- Fibre to the Home Council Europe. 2013. « FTTH Business Guide ».
- Firth, Lucy, et David Mellor. 2005. « Broadband: benefits and problems ». *Telecommunications Policy, Regional development and business prospects for ICT and broadband networks*, 29 (2-3): 223-36. doi:10.1016/j.telpol.2004.11.004.
- General Secretariat For Development Planning. 2008. « Qatar National Vision 2030 ».
- Hermalin, Benjamin E., et Michael L. Katz. 2007. « The economics of product-line restrictions with an application to the network neutrality debate ». *Information Economics and Policy*, 215-48.
- ICTQatar. 2013. « National Broadband Plan for the State of Qatar ».
- Idate consulting. 2014. « FTTH MENA Panorama Market at September 2014 ».
- Inderst, Roman, et Martin Peitz. 2012. « Market Asymmetries and Investments in Next Generation Access Networks ». *Review of Network Economics* 11 (1): 1-27.
- Katsianis, D., T. Rokkas, I. Neokosmidis, M. Tselekounis, D. Varoutas, I. Zacharopoulos, et A. Bartzoudi. 2012. « Risks associated with next generation access networks investment scenarios ». *IEEE Network* 26 (4): 11-17. doi:10.1109/MNET.2012.6246747.
- Kenny, Robert. 2015. « Exploring the costs and benefits of FTTH in the UK ».
- Koutroumpis, Pantelis. 2009. « The economic impact of broadband on growth: A simultaneous approach ». *Telecommunications Policy* 33 (9): 471-85. doi:10.1016/j.telpol.2009.07.004.
- Kraemer, Jan, et Lukas Wiewiorra. 2010. « Network Neutrality and Congestion Sensitive Content Providers: Implications for Service Innovation, Broadband Investment and Regulation ». Working Paper 10-09. NET Institute. <https://ideas.repec.org/p/net/wpaper/1009.html>.
- Krämer, Jan, Lukas Wiewiorra, et Christof Weinhardt. 2013. « Net neutrality: A progress report ». *Telecommunications Policy, Papers from the 40th Research Conference on Communication, Information and Internet Policy (TPRC 2012) Special issue on the first papers from the « Mapping the Field » initiative.*, 37 (9): 794-813. doi:10.1016/j.telpol.2012.08.005.
- Kroes, Neelie. 2011. « Investing in digital networks: a bridge to Europe's future ». SPEECH/11/623 Neelie Kroes Vice-President of the European Commission responsible for the Digital Agenda Investing in digital networks: a bridge to Europe's future ETNO Financial Times 2011 CEO SUMMIT.
- Kruger, Lennard G. 2013. « The National Broadband Plan Goals: Where Do We Stand? »

- Lee, Robin S., et Tim Wu. 2009. « Subsidizing Creativity through Network Design: Zero-Pricing and Net Neutrality ». *The Journal of Economic Perspectives* 23 (3): 61-76.
- Lucas, Karen. 2012. « Transport and social exclusion: Where are we now? » *Transport Policy*, URBAN TRANSPORT INITIATIVES, 20 (mars): 105-13. doi:10.1016/j.tranpol.2012.01.013.
- Marc Bourreau, Carlo Cambini. 2013. « My Fibre or Your Fibre? Cooperative Investment, Uncertainty and Access ». doi:10.2139/ssrn.2199831.
- McKinsey&Compagny. 2012. « A “New Deal”: driving investment in Europe’s telecoms infrastructure ».
- Mitomo, Hitoshi, et Toshiya Jitsuzumi. 1999. « Impact of Telecommuting on Mass Transit Congestion: The Tokyo Case ». *Telecommunications Policy* 23 (10-11): 741-51. doi:10.1016/S0308-5961(99)00059-2.
- Mobdia. 2012. « Understanding today’s smartphone user: demystifying data usage trends on cellular & Wi-Fi networks ».
- « Motives and means for public investment in nationwide next generation networks ». 2015. Consulté le juillet 7. <https://www-sciencedirect-com.bibliopam.enscachan.fr/science/article/pii/S0308596110000807>.
- Myers, Stewart C. 1977. « Determinants of corporate borrowing ». *Journal of Financial Economics* 5 (2): 147-75. doi:10.1016/0304-405X(77)90015-0.
- Nasse, Philippe. 2005. « Rapport sur “les coûts de sortie” ».
- Nitsche, Rainer, et Lars Wiethaus. 2011a. « Access regulation and investment in next generation networks — A ranking of regulatory regimes ». *International Journal of Industrial Organization* 29 (2): 263-72. doi:10.1016/j.ijindorg.2010.07.002.
- . 2011b. « Access Regulation and Investment in next Generation Networks — A Ranking of Regulatory Regimes ». *International Journal of Industrial Organization* 29 (2): 263-72. doi:10.1016/j.ijindorg.2010.07.002.
- Njoroge, Paul, Asuman E. Ozdaglar, Nicolas E. Stier-Moses, et Gabriel Y. Weintraub. 2012. « Investment in Two Sided Markets and the Net Neutrality Debate ». SSRN Scholarly Paper ID 1641359. Rochester, NY: Social Science Research Network. <http://papers.ssrn.com/abstract=1641359>.
- OECD. 2013. « Broadband Networks and Open Access ».
- . 2014. « Executive summary of the roundtable on financing of the roll-out of broadband networks ».
- Ofcom. 2007. « Future broadband-Policy approach to next generation access ».
- Opta. 2008. « Draft policy rules tariff regulation for unbundled fibre access ».
- Patrick Maillé, et Bruno Tuffin. 2014. « Le problème de la neutralité du Net est-il réglé? »
- Pil Choi, Jay, et Byung-Cheol Kim. 2010a. « Net Neutrality and Investment Incentives ». *The RAND Journal of Economics* 41 (3): 446-71. doi:10.1111/j.1756-2171.2010.00107.x.
- . 2010b. « Net Neutrality and Investment Incentives ». *The RAND Journal of Economics* 41 (3): 446-71. doi:10.1111/j.1756-2171.2010.00107.x.
- Pindyck, Robert S. 2007. « Mandatory Unbundling and Irreversible Investment in Telecom Networks ». *Review of Network Economics* 6 (3): 1-25.
- Raux, Charles, et Odile Andan. 2002. « Comment les péages urbains peuvent-ils satisfaire une politique d’agglomération ? » *Recherche - Transports - Sécurité* 75 (juillet): 115-30. doi:10.1016/S0761-8980(02)00009-2.
- Reggiani, Carlo, et Tommaso Valletti. 2012. « Net neutrality and innovation at the core and at the edge ». The School of Economics Discussion Paper Series. Economics, The University of Manchester. <http://econpapers.repec.org/paper/mansespap/1202.htm>.
- . 2016. « Net neutrality and innovation at the core and at the edge ». *International Journal of Industrial Organization*. Consulté le janvier 25. doi:10.1016/j.ijindorg.2015.12.005.

- Rendon Schneir, Juan, et Yupeng Xiong. 2013. « Economic implications of a co-investment scheme for FTTH/PON architectures ». *Telecommunications Policy*, Regulating and investment in new communications infrastructure Understanding ICT adoption and market trends: Papers from recent European ITS regional conferences, 37 (10): 849-60. doi:10.1016/j.telpol.2013.06.002.
- Robert W. Hahn, Scott Wallsten. 2007. « The Economics of Net Neutrality ». *The Economists* & #39; Voice 3 (6): 8-8. doi:10.2139/ssrn.943757.
- Rochet, Jean-Charles, et Jean Tirole. 2003. « Platform Competition in Two-sided Markets ». *Journal of the European Economic Association* 1 (4): 990-1029.
- Rohman, Ibrahim Kholilul, et Erik Bohlin. 2012. « Does Broadband Speed Really Matter for Driving Economic Growth? Investigating OECD Countries ». SSRN Scholarly Paper ID 2034284. Rochester, NY: Social Science Research Network. <http://papers.ssrn.com/abstract=2034284>.
- Schumpeter, Joseph Alois. 1934. *The Theory of Economic Development: An Inquiry Into Profits, Capital, Credit, Interest, and the Business Cycle*. Transaction Publishers.
- Shutova, Natalia. 2013. « Monopole naturel, marchés bifaces, différenciation tarifaire: trois essais sur la régulation de télécommunications ». Université Panthéon - Assas.
- Shy, Oz. 2002. « A quick-and-easy method for estimating switching costs ». *International Journal of Industrial Organization* 20 (1): 71-87. doi:10.1016/S0167-7187(00)00076-X.
- Sidak, J. Gregory, et David J. Teece. 2010. « Innovation Spillovers and the “dirt Road” Fallacy: The Intellectual Bankruptcy of Banning Optional Transactions for Enhanced Delivery Over the Internet ». *Journal of Competition Law and Economics* 6 (3): 521-94. doi:10.1093/joclec/nhq003.
- Singh, A.K., et V. Potdar. 2009. « Blocking online advertising - A state of the art ». In *IEEE International Conference on Industrial Technology, 2009. ICIT 2009*, 1-10. doi:10.1109/ICIT.2009.4939739.
- Tahon, Mathieu, Sofie Verbrugge, Peter J. Willis, Paul Botham, Didier Colle, Mario Pickavet, et Piet Demeester. 2014. « Real Options in Telecom Infrastructure Projects & #x2014; A Tutorial ». *IEEE Communications Surveys & Tutorials* 16 (2): 1157-73. doi:10.1109/SURV.2013.062613.00126.
- Tahon, M., S. Verbrugge, P.J. Willis, P. Botham, D. Colle, M. Pickavet, et P. Demeester. 2014. « Real Options in Telecom Infrastructure Projects #x2014; A Tutorial ». *IEEE Communications Surveys Tutorials* 16 (2): 1157-73. doi:10.1109/SURV.2013.062613.00126.
- Taruté, Asta, et Rimantas Gatautis. 2014. « ICT Impact on SMEs Performance ». *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, The 2-dn International Scientific conference „Contemporary Issues in Business, Management and Education 2013“, 110 (janvier): 1218-25. doi:10.1016/j.sbspro.2013.12.968.
- The Telecommunications Regulatory Authority. 2014. « Bahrain Telecom Pricing International Benchmarking ».
- UE. 2013. « Recommandation de la Commission sur des obligations de non-discrimination et des méthodes de calcul des coûts cohérentes pour promouvoir la concurrence et encourager l’investissement dans le haut débit ». Journal officiel de l’Union Européenne.
- van Schewick, Barbara. 2006. « Towards an Economic Framework for Network Neutrality Regulation ». *Journal on Telecommunications & High Technology Law* 5: 329.
- Wegener, Michael. 2004. « Overview of land-use transport models ».
- WIK. 2010. « Access pricing for copper and fibre: are the sums right ».
- WIK-Consult. 2011. « Wholesale pricing, NGA take-up ad competition ».
- World Health Organization. 2008. « Safer water, better health: costs, benefits and sustainability of interventions to protect and promote health ».

Essai 3 Une pause réglementaire des règles de la Neutralité du Net, une régulation hybride optimale ?

1 Résumé

Pour certains, la Neutralité du Net (NN) entraverait l'incitation des opérateurs à investir. Pour d'autres, la Neutralité du Net serait indispensable afin de garantir aux consommateurs un libre accès à tous types de contenus sans restriction sur la qualité de service et permettre une innovation constante des services et contenus proposés sur Internet. Nous montrons qu'un système hybride, temporairement discriminatoire, qui autorise une entreprise à bénéficier de manière exclusive et pour une durée limitée d'une augmentation de bande passante, aurait pour avantage d'inciter les opérateurs à augmenter leur capacité de réseau sans détériorer à long terme la Qualité de Service (QoS) relative pour les entreprises fournissant des contenus sur l'Internet ouvert soumis au régime du *Best-Effort* (BE). Nous démontrons qu'une pause réglementaire (*regulatory holidays* en anglais) des règles de la Neutralité du Net semble même, sous certaines conditions, supérieure à la politique stricte et fixe de la Neutralité du Net.

2 Introduction

Le 30 juin 2015, la commission a conclu un accord avec le Parlement Européen et le Conseil de l'Europe pour créer un véritable marché unique Européen des télécommunications. Cet accord concerne la fin des frais d'itinérance à l'horizon de 2017 et l'application des règles de la Neutralité du Net (NN).

Que ce soit en Europe ou aux États-Unis, la Neutralité du Net est source de vifs débats au sein du milieu des chercheurs et des politiciens. Avant d'étayer la nature de ces débats, il convient d'éclaircir le concept de la Neutralité du Net car les acceptions sont parfois différentes. Nous pouvons retenir la définition suivante :

« Net Neutrality prohibits Internet service providers from speeding up, slowing down or blocking Internet traffic based on its source, ownership or destination »

Krämer, Wiewiorra, et Weinhardt (2013)

En d'autres termes, le réseau qui permet de transporter les données doit rester totalement neutre. En pratique, les paquets qui arrivent au niveau des routeurs doivent être traités de façon indifférenciée¹⁰³ quels que soient le type de contenu, la source et la destination. Ce type de fonctionnement de l'Internet ouvert est souvent défini sous le terme de régime du *Best-Effort* (BE). La Neutralité du Net vue au sens stricte, telle que définie ci-dessus, interdit donc à la fois la discrimination et la différenciation verticale des services.

Le principe de non-discrimination n'est pas propre à la problématique de la Neutralité du Net. Il est par exemple fondamental pour la régulation de l'accès aux réseaux de télécommunications afin qu'un opérateur souhaitant louer le réseau en question ne puisse être désavantagé relativement à l'opérateur historique détenant le réseau. Le principe de non-discrimination stipule généralement qu'un opérateur qui gère un réseau ne doit pas privilégier d'un point de vue technique ou financier ses propres entités au détriment d'autres entreprises. Appliqué à la problématique de la Neutralité du Net, il s'en suit que pour un certain niveau de QdS, l'opérateur doit appliquer les mêmes conditions tarifaires pour tous les fournisseurs de contenus (FC). De même, pour un même tarif, les niveaux de QdS doivent être semblables entre toutes les entreprises. Le principe de non-discrimination n'empêche donc pas la différenciation des services.

En fait, la Neutralité du Net vue au sens stricte impose des conditions plus strictes que celles seulement cantonnées au principe de non-discrimination. Elle oblige les fournisseurs d'accès à Internet (FAI) à traiter, sur l'Internet ouvert, tous les paquets de données de manière identique et à ne

¹⁰³ Blocage, limitation du trafic ou priorisation

pas tarifier la face des FC. En d'autres termes, les FAI ne sont pas autorisés à proposer différents niveaux de QoS aux fournisseurs de contenus, non plus pour un niveau de QoS à appliquer *un termination fee* aux FC. C'est la raison pour laquelle, sous le régime de la Neutralité du Net au sens strict, les revenus des opérateurs ne peuvent provenir que d'une seule face du marché, celle des consommateurs.

« *Net Neutrality [...] usually means that broadband service providers charge consumers only once for Internet access, do not favor one content provider over another, and do not charge content providers for sending information over broadband lines to end users* ».

Robert W. Hahn (2007)

Actuellement, contrairement à ce que l'on pourrait penser, la Neutralité du Net vue au sens strict n'est pas appliquée pour l'ensemble des services consommés utilisant le Protocole Internet. En effet, les fournisseurs de contenus bénéficient d'ores et déjà d'une différenciation verticale des services, que ce soit au niveau de la boucle local ou du cœur de réseau.

Premièrement, les opérateurs vendent des services managés et/ou spécialisés qui offrent une QoS différente de celle présente sur l'Internet ouvert soumis au régime du *Best-Effort* (BE). Certains services managés peuvent potentiellement rentrer en concurrence avec des services offerts sur l'Internet ouvert. Pour les opérateurs, la vente de services spécialisés peut-être un moyen de générer davantage de revenus sur la base d'un trafic qui préexiste déjà sur Internet. Par exemple, la SVOD de Netflix peut faire partie des services spécialisés du FAI ou rester un service web¹⁰⁴. En France, depuis novembre 2014, les services SVOD de Netflix sont directement accessibles via la box d'Orange. Ils font partie de la palette des services managés de l'opérateur. D'après une interview, datée du 4 octobre 2014, de Stéphane Richard, PDG d'Orange, l'entreprise Netflix devrait reverser une redevance de distribution pour que son service soit proposé directement sur la box de l'opérateur. Il est aussi question que Netflix paye une redevance de réseau pour l'utilisation de la bande passante. Ce type de contrat constitue donc une entorse aux règles de la stricte NN qui stipulent que tous les contenus doivent être traités de manière indifférenciée. Si l'on considère que ces règles ne s'appliquent que pour l'Internet ouvert et non pour les services managés, il est alors nécessaire de définir le périmètre des services managés et celui de l'Internet ouvert soumis au régime du BE, sans quoi les règles de la NN deviendraient très rapidement désuètes et n'auraient que très peu d'intérêt pratique à long terme. Deuxièmement, d'autres entreprises qui ne sont pas des FAI offrent divers services aux FC pour diminuer le temps d'attente de chargement des contenus et augmenter la QoS pour les consommateurs finaux. En effet, les fournisseurs de contenus payent souvent des *Content Delivery Networks* (CDN)

¹⁰⁴ Aux États-Unis, Netflix peut utiliser jusqu'à 35% de la bande passante à certains moments de la journée.

pour enregistrer les données dans des serveurs localisés à proximité des clients finaux et ainsi éviter que certains paquets passent par le cœur de réseau. À la différence de la priorisation, qui ne modifie par la congestion moyenne sur le réseau, l'activité des CDN désencombre le cœur de réseau. Pour certains, ces activités sont très fortement en lien avec la problématique plus générale de la NN car elles permettent aux FC d'acheter une augmentation de Qualité de Service (QoS)¹⁰⁵.

Par conséquent, la problématique actuelle n'est pas tant de protéger une stricte NN qui n'existe pas en pratique mais plutôt de construire un ensemble cohérent de règles qui rendent compte des réalités économiques et techniques propres aux réseaux de télécommunications. Les politiciens et régulateurs doivent arbitrer entre diverses positions bien souvent antagonistes provenant des associations de consommateurs, de FAI et de FC.

Aux États-Unis, la FCC après maints retournements a la capacité de forcer l'application des règles strictes de la NN. Notons que ces règles ne s'appliquent pas pour les *non-BIAS data services*. Ces services ne sont pour autant pas définis car la FCC ne veut pas endiguer les velléités novatrices des FC et des FAI. Par contre, la commission précise que les *non-BIAS data services* doivent répondre à certaines caractéristiques bien précises :

« First, these services are not used to reach large parts of the Internet. Second, these services are not a generic platform—but rather a specific “application level” service. And third, these services use some form of network management to isolate the capacity used by these services from that used by broadband Internet access services ».

FCC (2015)

La FCC autorise donc que certains services soient exemptés des règles de la NN, par contre elle mentionne qu'elle veillera à ce que ces services ne détériorent pas la QoS présente sur l'Internet ouvert. De même, les *non-BIAS data services* ne doivent pas être des services substitués aux services présents sur Internet. En d'autres termes, les FAI ne doivent pas utiliser frauduleusement cette catégorie de services pour contourner les règles de la NN et être en concurrence déloyale avec d'autres FC présents sur l'Internet ouvert soumis au BE.

En Europe, le trilogue entre la Commission, le Conseil et le Parlement semble avoir porté ses fruits. L'accord conclu en juin dernier¹⁰⁶ entre ces trois entités a été officiellement validé par le Conseil de l'Europe et le Parlement Européen. Les règles de la NN devraient permettre aux opérateurs de vendre

¹⁰⁵ Patrick Maillé et Tuffin (2014) ont exposé dans leur document de travail une façon de modéliser le problème de l'interconnexion entre deux ISPs verticalement intégrés ou non avec un CDN. Comme ils le soulignent, une recherche supplémentaire est nécessaire. Les auteurs souhaitent entre autres étudier l'effet de la discrimination sur les CDN.

¹⁰⁶ http://europa.eu/rapid/press-release_IP-15-5265_fr.htm

des services spécialisés, c'est-à-dire des services payants, avec une QdS spécifique non disponible sur l'Internet ouvert. Les régulateurs nationaux devraient tout de même s'assurer que ces services offerts ne détériorent pas la QdS présente sur l'Internet fonctionnant sous le régime du BE.

A priori, les choix politiques aux États-Unis, avec la décision de la FCC, et en Europe, avec l'accord récent conclu par le trilogue, devrait encourager l'innovation des services qui nécessitent un besoin spécifique en bande passante et aussi l'innovation plus généralement présente sur l'Internet en protégeant les FC de petite taille.

Malgré tout, il semble exister un risque, celui d'une détérioration progressive de la QdS relative des services offerts sur Internet. En effet, si les services spécialisés sont en concurrence avec d'autres services offerts sur Internet soumis au régime du BE ou que la demande déserte progressivement les services offerts sur Internet pour se reporter vers les nouveaux services spécialisés, *in fine* l'Internet ouvert tel qu'on le connaît aujourd'hui n'existera plus dans la pratique d'ici quelques années.

La problématique de la régulation n'est pas tant de garantir que la QdS actuellement disponible sur Internet ne soit détériorée par les nouveaux services spécialisés, mais plutôt de garantir que la QdS présente sur Internet augmente au même rythme que celle des services managés. Pour cela, il semble nécessaire que les investissements, qui visent à améliorer la capacité et le débit des réseaux, bénéficient non seulement aux services managés mais aussi à l'Internet ouvert. L'objectif est en effet d'éviter une diminution constante et progressive de la proportion des services consommés sur Internet et *in fine* la disparition d'Internet.

Pour répondre à cette problématique, nous présentons à la section 3 les principaux enjeux de la Neutralité du Net et travaux affiliés en Economie. De nombreux chercheurs ont étudié l'effet de la Neutralité du Net sur l'incitation à investir des opérateurs, la qualité de service présente sur Internet, le prix de l'accès à Internet pour les consommateurs, l'innovation des services, etc. En particulier, sous certaines conditions, une priorisation des contenus peut réduire l'incitation des opérateurs à investir puisqu'ils monétisent la congestion sur leur réseau. En revanche, l'opérateur pourrait sûrement être incité à davantage investir s'il était autorisé à vendre de manière exclusive l'incrément de bande passante. Ce type d'entorse à la Neutralité du Net aurait pour conséquence de dégrader à long terme la QdS relative présente sur Internet. Il faudrait donc que cette exception à la règle ne soit que temporaire, de manière équivalente aux *regulatory holidays* dans le domaine de la régulation de l'accès.

Nous proposons à la section 4 un modèle pour étudier les effets de *regulatory holidays* des règles strictes de la NN. Nous montrons en particulier que ce type de régime, sous certaines conditions, est incitatif et peut être supérieur au régime strict et fixe de la NN.

3 Les enjeux du débat de la Neutralité du Net (NN)

Les enjeux de la NN sont importants. L'objectif est d'encourager les investissements dans les réseaux sans restreindre l'innovation des fournisseurs de contenus et de garantir l'accessibilité des consommateurs à tous les contenus à un niveau de QoS suffisamment élevé. Pour optimiser sa prise de décision et choisir le meilleur régime pour l'Internet, le décideur doit naturellement considérer l'effet de chaque régime de régulation sur les bénéfices des entreprises, les FC et les FAI, et ceux des consommateurs. Le régime de la NN au sens strict, qui impose un traitement égalitaire de tous les paquets n'est pas inéluctablement supérieur à d'autres régimes plus souples qui autorisent un certain degré de discrimination et/ou une différenciation verticale des services (Curien 2013). Le choix politique dépend du contexte technico-économique et politique, d'où l'importance des débats actuels autour de la problématique de la NN entre les décideurs politiques, les régulateurs et les acteurs sur le marché.

3.1 Les effets de la NN du point de vue des fournisseurs de contenus

Les FAI demandent une remise en cause de la NN et des règles qui régissent le fonctionnement actuel de l'Internet. Ils souhaitent que les fournisseurs de contenus (FC) participent davantage aux efforts d'investissement dans l'infrastructure de la boucle locale¹⁰⁷. En effet, ils considèrent généralement que l'investissement dans les réseaux profite davantage aux FC qui captent une grande partie de la valeur générée par le trafic Internet sans qu'ils ne participent suffisamment à l'effort d'investissement dans les réseaux de télécommunications.

Les FC quant à eux, tel que Google¹⁰⁸, ne souhaitent pas que les règles de la NN soient remises en question. Pour ces derniers, les *termination fees* réduiraient leur capacité d'investissement dans les contenus et l'innovation sur Internet par voie de conséquence.

Il semblerait donc que le régulateur doive arbitrer entre l'innovation des infrastructures et l'innovation des services offerts sur Internet (Curien et Maxwell 2011). C'est la raison pour laquelle le débat autour de la Neutralité du Net est souvent centré sur les sources principales de l'innovation. L'innovation dans le secteur des télécommunications se décompose entre l'innovation *at the core*, c.-à-d.

¹⁰⁷ Le PDG d'ATT a par exemple déclaré en 2005 : "Now what [content providers] would like to do is use my pipes free, but I ain't going to let them do that because we have spent this capital and we have to have a return on it"

¹⁰⁸ <http://www.washingtonpost.com/blogs/the-switch/wp/2014/09/10/googles-studied-silence-on-net-neutrality-has-finally-broken>

l'innovation des FAI dans les réseaux, et l'innovation *at the edge*, c.-à-d. l'innovation des fournisseurs de contenus. Si l'innovation *at the edge* est considérée comme primordiale, alors les décideurs devraient être amenés à juguler les velléités des opérateurs à tarifier les FC. En revanche, si l'innovation *at the core* semble indispensable, alors les politiques devraient être amenés à considérer les bénéfices d'une tarification du côté des FC qui pourrait inciter les FAI à davantage investir dans les réseaux et conduire à une diminution du prix de l'accès pour les consommateurs. Cette tarification devrait cependant rester à un niveau raisonnable pour ne pas détruire la diversité des contenus et l'innovation *at the edge*.

Pour résumer, la problématique est la suivante : peut-on promouvoir l'innovation des infrastructures (innovation *at the core*) sans pour autant mettre à mal l'innovation des services (innovation *at the edge*) ?

Dans la littérature économique, l'innovation *at the edge* est définie de différentes façons. Sidak et Teece (2010), Reggiani et Valletti (2012) caractérisent l'innovation *at the edge* par le nombre et la diversité des contenus¹⁰⁹. Pour Economides (2010), laisser les FAI appliquer librement des *termination fee* conduirait à un niveau sous-optimal d'innovation *at the edge* car les FAI n'internalisent pas tous les effets externes de l'innovation *at the edge* pour les consommateurs et la société dans son ensemble.

Ce qui est certain, c'est que l'innovation *at the edge* nécessite l'innovation *at the core* puisque que les contenus et applications innovantes requièrent des débits de plus en plus élevés. D'après Sidak et Teece (2010), l'innovation du réseau permet en effet aux entreprises de produire des contenus plus sensibles à la congestion. Par conséquent, il semble primordial d'inciter les FAI à investir dans les réseaux pour promouvoir l'innovation *at the core*.

Remarquons tout d'abord que les FAI sont déjà dans une certaine mesure incités à investir dans les réseaux à cause de l'effet de demande. En effet, une partie de l'innovation *at the edge* est déjà internalisée par l'opérateur via la demande supplémentaire d'abonnement Internet¹¹⁰. Tout de même, la NN pose une contrainte supplémentaire sur le *business model* du FAI puisqu'il ne peut pas tarifier l'autre face du marché constituée par les FC, ayant probablement pour effet de le dés-inciter à investir dans la qualité de son réseau. Les modèles en Économie qui traitent de la problématique de la NN reposent donc sur l'idée simple que les FC ne doivent se connecter qu'à un seul FAI afin d'atteindre

¹⁰⁹ Pil Cho et Kim (2010a) la caractérise par la réduction du coût marginal des FC

¹¹⁰ Dans la situation d'un marché biface, l'opérateur fixe le prix de la priorité en prenant en compte l'effet de l'innovation produite par les fournisseurs sur la demande supplémentaire des usagers (pour une demande fixe, cela correspond à une augmentation de la disposition à payer des consommateurs pour l'accès à Internet).

l'audience de tous les usagers connectés à l'ensemble des FAI (Njoroge et al. 2012).

La NN implique donc un prix nul d'accès aux plateformes des FAI pour les FC. Au contraire, dans le cas de la NNN, les FC doivent payer une *termination fee* afin d'accéder à l'audience de chaque FAI. Chaque FAI est donc en mesure d'appliquer un tarif aux deux faces du marché, c.-à-d. les usagers d'Internet et les FC. Il est important de noter que l'application d'une *termination fee* n'admet pas pour contrepartie une augmentation de QdS. À l'inverse, les modèles de priorisation donnent un avantage comparatif à l'entreprise qui dispose d'une priorité. Malgré tout, dans les modèles de queue, la vente de la priorité n'augmente pas la congestion moyenne sur le réseau à cause de la nouvelle distribution de la demande entre les différents contenus. Cette caractéristique n'est plus valide si la priorisation agit positivement sur le niveau d'investissement dans le réseau (Bourreau, Kourandi, et Valletti 2015).

En fait, il n'est pas certain que la vente de priorités sur le réseau engendre des investissements supplémentaires car le FAI monétise la congestion sur son réseau (Pil Choi et Kim 2010a). Kraemer et Wiewiorra (2010) démontrent notamment que le fournisseur n'aura pas intérêt à investir davantage dans l'infrastructure malgré la tarification de la priorité si les revenus publicitaires sont élastiques relativement au nombre d'entreprises actives. D'autres auteurs au contraire concluent que la possibilité de discriminer augmente l'investissement des FAI (Bourreau, Kourandi, et Valletti 2015, Economides et Hermalin 2012).

Par ailleurs, l'effet d'une remise en question des règles de la NN sur les FC et l'innovation *at the edge* a été fortement débattu parmi les économistes. Tout d'abord, la NN oblige les FAI à fixer un unique niveau de QdS (Hermalin et Katz 2007). Avec la NN, relativement à la situation de la NNN, certains FC bénéficient d'un service de meilleure qualité alors que d'autres ayant une forte disposition à payer pour la QdS disposent d'une plus faible QdS. L'effet global semble indéterminé. Au contraire, pour d'autres auteurs, une remise en cause de la NN affecte négativement et sans ambiguïté l'innovation *at the edge*. D'après van Schewick (2006), la possibilité de discriminer augmenterait l'innovation *at the core* grâce à l'augmentation des profits des opérateurs, mais cet effet ne pourrait compenser la diminution de l'innovation *at the edge*. Par contre, d'après Sidak et Teece (2010), l'argument qui consiste à dire que l'innovation *at the edge* est négativement impactée par la discrimination à cause d'une réduction de la capacité de financement des FC n'est pas valide. En effet, d'après ce dernier, les FC innovants bénéficient de nombreuses sources de financement sur les marchés financiers, seule leur performance importe.

3.2 Les effets de la NN du point de vue des consommateurs

3.2.1. L'effet de la NN sur le prix de l'abonnement Internet

La NNN, via une diminution des prix de l'accès à Internet, semble largement bénéficier aux

consommateurs (Economides et Tåg 2012)¹¹¹. En effet, la plateforme préfère diminuer le prix des abonnements Internet pour les consommateurs et appliquer un *termination fee* strictement positif pour les FC si la disposition à payer d'un FC pour un consommateur supplémentaire est supérieure à la disposition à payer d'un consommateur pour un FC supplémentaire présent sur la plateforme.

Lorsque le FAI est en situation de monopole, la priorisation payante des contenus semble aussi diminuer le prix de l'accès pour les consommateurs (Pil Choi et Kim 2010a). Par contre, en situation de duopole, la discrimination ne diminue pas forcément le prix de l'accès à Internet pour les consommateurs, tout va dépendre du niveau de concurrence entre les deux FAI dans les deux situations de la NN et de la NNN (Bourreau, Kourandi, et Valletti 2015).

3.2.2. L'effet de la NN sur la diversité des contenus

D'après Lee et Wu (2009)¹¹², la NNN pourrait potentiellement conduire à une plus grande segmentation du marché et à une offre de contenus plus limitée pour les consommateurs se connectant à un seul FAI. C'est précisément le cas lorsque les FAI sont en mesure de proposer des contrats d'exclusivité aux FC, c'est-à-dire des accords pour lesquels un FAI s'engage à restreindre l'accès à d'autres FC concurrents. Une segmentation de l'Internet peut aussi advenir si les fournisseurs de petite taille ne sont pas à même de contracter avec l'ensemble des FAI.

En revanche, d'après Sidak et Teece (2010), la priorisation en faveur des contenus les plus sensibles à la congestion élargirait la diversité des contenus car différents niveaux de QdS sur le réseau sont corrélés à différents types de contenus.

3.2.3. L'effet de la NN sur la QdS

Les règles de la NN semblent indispensables du point de vue des consommateurs dans la mesure où elles incluent le principe de non-discrimination. En effet, un FAI verticalement intégré, c'est-à-dire qui détient des contenus, peut être incité à favoriser ses propres contenus sur le réseau au détriment d'autres contenus concurrents (Economides 2010). Ce type de discrimination permet d'évincer les FC concurrents et d'augmenter le pouvoir de marché du FAI en question, ce qui apparaît tout à fait néfaste pour le consommateur final.

En fait, d'après Sidak et Teece (2010), un FAI n'a pas intérêt unilatéralement à intégrer verticalement l'activité des FC si le marché des contenus est concurrentiel et complémentaire au marché de l'accès

¹¹¹ Dans leur modèle, les usagers sont différenciés horizontalement selon le modèle d'Hotelling et choisissent l'un des deux FAI pour s'abonner à Internet. Les FC quant à eux sont différenciés en fonction du coût fixe d'entrée sur le marché.

¹¹² "Subsidizing creativity through network design: Zero pricing and net neutrality," *Journal of Economic Perspectives*, 23, 61–76

à Internet. La discrimination des contenus n'est pas non plus réaliste dans le contexte d'un marché fixe très concurrentiel sur lequel un consommateur non satisfait peut facilement changer d'opérateur. Pil Choi et Kim (2010) montrent aussi que les FAI autorisés à vendre des priorités ne sont pas non plus incités à privilégier leurs propres contenus puisque le prix de la priorité est égal à la disposition maximale à payer des fournisseurs de contenus, en l'occurrence à la disposition du FC dont le coût marginal est le plus faible. Le FAI n'a donc pas intérêt à privilégier son propre contenu car il pourrait générer davantage de revenus en vendant la priorité à un FC plus efficient. Notons en outre que l'opérateur verticalement intégré n'a d'autant pas intérêt à détériorer la qualité du service d'un rival que son coût fixe est important. En effet, suite à une pratique discriminatoire, certains consommateurs sont susceptibles de changer de FAI, ce qui rehausse le coût moyen du réseau et diminue la rentabilité du réseau.

En réalité, la demande est dans certains cas faiblement sensible à une diminution de QdS (ou à une faible augmentation de prix), et ce pour plusieurs raisons. Tout d'abord, il existe une asymétrie d'information entre les clients et les FAI en ce qui concerne la QdS et les pratiques discriminatoires sur les contenus (Grove, Agic, et Sedlmeir 2012). Ensuite, certains consommateurs peuvent être très sensibles au critère prix et très peu sensibles au critère de la QdS. Enfin, la présence de coûts de sortie réduit l'incitation des consommateurs à changer d'opérateur en cas de dégradation de la QdS. Shy (2002) montre que les coûts de changement peuvent être calculés à partir des écarts de prix et de parts de marché des entreprises en concurrence. En particulier, les entreprises peuvent pratiquer des prix élevés si leur clientèle est peu mobile à cause de coûts de sortie très élevés. D'après le rapport de Nasse (2005), des coûts de sortie importants sont présents dans le secteur de la banque et des télécommunications.

3.3 Les pauses réglementaires (*regulatory holidays* en anglais) des règles de la NN, un juste compromis ?

Pour répondre à la problématique de la NN, il semble intéressant de faire appel à un type de régulation qui existe dans le domaine de la régulation de l'accès.

En effet, les régulateurs font souvent face à un arbitrage lorsqu'ils souhaitent réguler l'accès à des infrastructures difficilement répliquables et considérées comme des biens essentiels pour les nouveaux entrants. D'une part, ils veulent promouvoir la concurrence en services afin de développer de nouveaux services et diminuer les prix de détail. Pour cela, l'obligation d'ouverture et la fixation d'un prix régulé de l'accès s'avèrent utiles surtout lorsque la concurrence en infrastructures est limitée. D'autre part, les régulateurs souhaitent encourager les opérateurs à investir dans les Nouvelles Générations d'Accès (NGA). Nitsche et Wiethaus (2011) ont montré que la régulation de l'accès, basée sur la méthode du *Fully Distributed Cost* réduit le risque d'investissement pour l'opérateur et

promeut fortement l'incitation à investir. Il en est de même des *regulatory holidays*. Ce régime est incitatif car le régulateur accorde à l'opérateur, pour une durée limitée, la liberté de fixer le niveau des prix de l'accès à son réseau. Le FAI en question est en mesure de maximiser son profit sans contrainte de régulation et donc rentabiliser plus facilement son investissement, ce qui réduit le risque d'investissement. Inversement, Briglauer, Ecker, et Gugler (2012) ont montré que la régulation de l'accès telle que prônée par la Commission Européenne n'a pas produit les résultats escomptés en matière d'incitation à l'investissement dans les réseaux fibres.

De la même manière, la NN semble réduire l'incitation des FAI à investir dans l'augmentation de la bande passante car ce type de régulation les force à appliquer un prix nul pour la face des FC. Pour autant, la NN est aussi indispensable afin de protéger à long terme l'Internet et *in fine* le consommateur final.

Nous pourrions dès lors envisager un régime hybride pour lequel l'opérateur qui investit dans le réseau est libre, pour une durée limitée, de vendre aux FC des incréments de bande passante. Le régulateur obligerait ensuite le FAI à réintroduire la bande passante en question dans le domaine de l'Internet ouvert. À court terme, ces *regulatory holidays* des règles de la NN auraient pour intérêt d'inciter les FAI à investir dans les réseaux et développer d'autres services managés sans compromettre la QoS présente sur l'Internet. À long terme, cette régulation n'entamerait pas non plus l'Internet soumis au régime du BE. En effet, ce système assurerait que la QoS présente sur l'Internet ouvert augmente au même rythme que celle des services managés.

4 Des *regulatory holidays* des règles de la NN, une solution ?

Nous proposons un modèle simple pour évaluer l'effet sur l'investissement et le surplus collectif de *regulatory holidays* des règles de la NN. Nous montrons que ce régime de régulation mérite une attention toute particulière puisqu'il pourrait, d'une part, inciter les FAI à investir dans les réseaux, d'autre part, s'avérer même supérieure au régime strict de la NN.

4.1 Présentation du modèle

4.1.1. Les consommateurs

Nous retenons comme Economides et Hermalin (2012) que la demande de contenus de la part des consommateurs est sensible au niveau de congestion. En particulier, on fait l'hypothèse que la demande dépend du montant de la bande passante B allouée à chaque entreprise fournissant des contenus. On note la demande de contenus $x(B)$, avec $x' > 0$ et $x'' \leq 0$. La demande est concave pour rendre compte du phénomène de recongestion. En effet, toutes choses égales par ailleurs, toute augmentation de la bande passante réduit le temps de chargement des contenus ce qui fait augmenter

la demande de contenus par usager et re-congestionne ensuite le réseau.

En outre, nous supposons que les consommateurs ne peuvent consommer que deux types de contenus offerts par deux entreprises distinctes. Le niveau de congestion pour chaque type de contenus dépend de la bande passante spécifiquement allouée à l'entreprise en question. À la manière d'Economides et Hermalin (2012) la bande passante totale disponible se répartit entre les différentes entreprises.

4.1.2. Les Fournisseurs de contenus (FC)

Dans la situation de la Non Neutralité du Net (NNN), à la manière de Pil Choi et Kim 2010 et à la différence de Cheng, Bandyopadhyay, et Guo (2010), nous supposons qu'une seule des deux entreprises peut bénéficier d'une priorité. Toutes choses égales par ailleurs, l'entreprise qui détient la priorité dispose d'une bande passante supplémentaire dédiée. Le papier se démarque donc d'autres papiers dans lesquels un modèle de queue est utilisé pour prioriser les contenus (Pil Choi et Kim 2010a). Nous supposons comme Reggiani et Valletti (2012) et Kraemer et Wiewiorra (2010) que l'entreprise qui choisit la priorité se distingue par une recette marginale relativement élevée de la publicité. Celle-ci est supposée constante, elle ne dépend pas du niveau de congestion.

4.1.3. Le fournisseur d'accès à Internet (FAI)

Dans la littérature économique, un réseau ne respecte pas la NN si le FAI applique un *termination fee* strictement positif et/ou s'il offre des services verticalement différenciés. Dans le premier cas, le réseau est considéré comme neutre si le FAI, en tant que plateforme d'un marché biface, ne peut appliquer une tarification spéciale pour la face des FC (Economides et Tåg 2012). Dans le deuxième cas, le réseau n'est pas neutre si le FAI discrimine les contenus entre eux ou vend des accès prioritaires.

Dans le cadre de notre modèle, le FAI est toujours en mesure d'appliquer un *termination fee* aux FC et peut dans la situation de la NNN offrir une qualité de service supérieure à l'entreprise la plus efficiente, grâce à une bande passante supplémentaire dédiée.

Par ailleurs, on suppose que le bénéfice total des consommateurs et des FC lié à une diminution de la congestion ou à une augmentation marginale de la bande passante, est totalement accaparé par les FC. En d'autres termes, on considère le cas limite $\alpha = 1$ dans le modèle de Choi, Jeon, et Kim (2015). En conséquence, toute augmentation marginale de la bande passante ne permet pas de retirer davantage de revenus du côté des consommateurs. C'est la raison pour laquelle, sous ces conditions, on ne s'intéresse qu'à une seule face du marché fixe de l'accès, celle des FC.

4.1.4. Les régimes de régulation

À notre connaissance, les modèles économiques ont jusqu'à présent visés à comparer la situation de la NN avec la situation de la NNN. Or, le choix du régulateur ne semble pas binaire. En effet, le régulateur peut choisir de mettre en place des *regulatory holidays* des règles de la NN. Cette politique

consiste à autoriser l'existence d'un réseau non neutre pendant une durée limitée et de réappliquer ensuite les règles de la NN sur ce réseau.

L'objectif de ce type de régulation pourrait être à la fois d'inciter les opérateurs à investir dans les réseaux et à la fois de garantir une augmentation progressive et soutenue de la QdS présente sur Internet fonctionnant sous le régime du *Best-Effort*.

La nouveauté du modèle à deux périodes que nous proposons repose sur l'aspect temporaire de la situation de la Non Neutralité du Net (NNN). L'objet est d'étudier l'effet d'une autorisation temporaire de la priorisation payante sur l'investissement et le surplus collectif.

En période 1, l'opérateur choisit d'investir dans la bande passante. Dans la situation de la NNN, il peut vendre de façon exclusive la bande passante incrémentale à l'une des deux entreprises, 1 ou 2. C'est l'entreprise 1 qui signe le contrat en question car elle est considérée plus efficiente que l'entreprise 2. En période 1, la demande de contenus de l'entreprise 1 est donc supérieure à celle de l'entreprise 2. Notons que la QdS pour l'entreprise 2 est inchangée car le contrat d'exclusivité passé entre l'entreprise 1 et l'opérateur porte sur de la bande passante supplémentaire.

Ensuite, en période 2, la bande passante incrémentale est réallouée également entre les deux entreprises et la demande des usagers se répartit équitablement entre les deux entreprises.

Nous comparons aux sections suivantes deux situations : la situation de la NNN lorsque les règles de la NN sont appliquées seulement pour la période 2 et la situation de la NN lorsque les règles de la NN sont appliquées pour les deux périodes 1 et 2. La comparaison de ces deux situations se fera sur les critères de l'investissement dans la bande passante incrémentale et du surplus collectif.

4.2 La Neutralité du Net (NN)

Nous calculons pour la situation de la NN successivement le niveau d'investissement à l'équilibre et celui de l'optimum social.

4.2.1. L'Équilibre

Dans le scénario de la NN, la bande passante préexistante B et la bande passante incrémentale δ sont équitablement divisées entre les deux entreprises. Le profit des FC 1 et 2 s'écrivent respectivement de la manière suivante :

$$\pi_1 = (a_1 - c)x\left(\frac{B + \delta}{2}\right) - s$$

$$\pi_2 = (a_2 - c)x\left(\frac{B + \delta}{2}\right) - s$$

avec B la bande passante préexistante sur le réseau, δ la bande passante incrémentale liée à l'investissement du FAI, a_1 et a_2 la recette publicitaire par unité de demande pour les entreprises 1 et 2 respectivement, c le coût marginal identique pour les deux entreprises, $x(.)$ la fonction de

demande avec $x'(\cdot)$ et $x''(\cdot) \leq 0$, et s le prix de connexion des FC au FAI.

Le profit du FAI dans la situation de la NN s'écrit comme suit :

$$\pi = 2s - F(\delta)$$

avec $F'(\delta) > 0$ et $F''(\delta) > 0$.

L'opérateur choisit soit de fixer $s = (a_1 - c)x\left(\frac{B+\delta}{2}\right)$ ou $s = (a_2 - c)x\left(\frac{B+\delta}{2}\right)$. Le profit de la plateforme est soit $\pi = 2(a_2 - c)x\left(\frac{B+\delta}{2}\right) - F(\delta)$ ou $\pi = (a_1 - c)x\left(\frac{B+\delta}{2}\right) - F(\delta)$. On a :

$$s = (a_2 - c)x\left(\frac{B + \delta}{2}\right)$$

car on suppose :

$$\begin{aligned} 2(a_2 - c)x\left(\frac{B + \delta}{2}\right) &> (a_1 - c)x\left(\frac{B + \delta}{2}\right) \\ \Leftrightarrow a_2 &> \frac{c + a_1}{2} \end{aligned}$$

Hypothèse 8 : $a_1 > a_2 > \frac{c+a_1}{2}$

Le profit du FAI s'écrit alors comme suit :

$$\pi = 2(a_2 - c)x\left(\frac{B + \delta}{2}\right) - F(\delta)$$

On maximise le profit de la plateforme en situation de monopole par rapport à l'investissement marginal en bande passante. On note :

$$\begin{aligned} \frac{d\pi}{d\delta} &= (a_2 - c)x'\left(\frac{B + \delta}{2}\right) - F'(\delta) = G_{NN}(\delta, B, a_1, a_2) \\ \Leftrightarrow \frac{d\pi}{d\delta}_{\delta=\delta_{eq}^{NN}} &= G_{NN}(\delta_{eq}^{NN}, B, a_1, a_2) = 0 \end{aligned}$$

La dérivée seconde est négative, nous avons : $\frac{d^2\pi}{d\delta^2} = \frac{1}{2}(a_2 - c)x''\left(\frac{B+\delta}{2}\right) - F''(\delta) \leq 0$. On déduit que l'extremum est un maximum global.

Nous devons aussi vérifier que les entreprises ne sont pas incitées à investir dans la bande passante. Si l'entreprise 1 investit dans la bande passante, on suppose qu'elle disposera d'un usage exclusif de la bande passante pour les deux périodes 1 et 2. Le prix d'accès sera $(a_2 - c)x\left(\frac{B}{2}\right)$ pour les deux périodes si l'investissement de l'entreprise 1 se substitue à l'investissement de l'opérateur. Nous obtenons alors l'inégalité suivante :

$$\begin{aligned} 2\left((a_1 - c)x\left(\frac{B}{2} + \delta\right) - (a_2 - c)x\left(\frac{B}{2}\right)\right) - F(\delta) &\leq 2\left((a_1 - c)x\left(\frac{B + \delta}{2}\right) - (a_2 - c)x\left(\frac{B + \delta}{2}\right)\right) \\ 2(a_1 - c)\left(x\left(\frac{B}{2} + \delta\right) - x\left(\frac{B + \delta}{2}\right)\right) + 2(a_2 - c)\left(x\left(\frac{B + \delta}{2}\right) - x\left(\frac{B}{2}\right)\right) &\leq F(\delta) \end{aligned}$$

Par ailleurs, nous supposons que le profit de la plateforme doit rester positif, ce qui conduit à poser

l'inégalité suivante :

$$2(a_2 - c)x\left(\frac{B + \delta}{2}\right) \geq F(\delta)$$

Hypothèse 9 : Le coût fixe de l'investissement doit être compris dans l'intervalle décrit ci-après :

$$\begin{aligned} 2(a_1 - c)\left(x\left(\frac{B}{2} + \delta\right) - x\left(\frac{B + \delta}{2}\right)\right) + 2(a_2 - c)\left(x\left(\frac{B + \delta}{2}\right) - x\left(\frac{B}{2}\right)\right) &\leq F(\delta) \\ &\leq 2(a_2 - c)x\left(\frac{B + \delta}{2}\right) \end{aligned}$$

On vérifie que le plafond est supérieur au seuil, nous avons :

$$\begin{aligned} 2(a_2 - c)x\left(\frac{B + \delta}{2}\right) &> 2(a_1 - c)\left(x\left(\frac{B}{2} + \delta\right) - x\left(\frac{B + \delta}{2}\right)\right) + 2(a_2 - c)\left(x\left(\frac{B + \delta}{2}\right) - x\left(\frac{B}{2}\right)\right) \\ \Leftrightarrow (a_1 - c)\left(x\left(\frac{B}{2} + \delta\right) - x\left(\frac{B + \delta}{2}\right)\right) &< (a_2 - c)x\left(\frac{B}{2}\right) \end{aligned}$$

Si l'incrément de bande passante est faible, nous pouvons approximer l'inégalité précédente par l'expression de Taylor à l'ordre 1, nous obtenons : $x\left(\frac{B}{2} + \delta\right) \simeq x\left(\frac{B}{2}\right) + \delta x'\left(\frac{B}{2}\right)$ et $x\left(\frac{B + \delta}{2}\right) \simeq x\left(\frac{B}{2}\right) + \frac{\delta}{2} x'\left(\frac{B}{2}\right)$. Nous devons donc avoir :

$$\begin{aligned} (a_1 - c)\frac{\delta}{2}x'\left(\frac{B}{2}\right) &< (a_2 - c)x\left(\frac{B}{2}\right) \\ \Leftrightarrow \frac{(a_1 - c)\delta}{(a_2 - c)B} \frac{B}{2} \frac{x'\left(\frac{B}{2}\right)}{x\left(\frac{B}{2}\right)} &< 1 \\ \Leftrightarrow \frac{(a_1 - c)\delta}{(a_2 - c)B} &< \frac{1}{\varepsilon} \end{aligned}$$

Hypothèse 10 : L'élasticité de la demande doit être suffisamment faible, nous supposons $\frac{(a_1 - c)\delta}{(a_2 - c)B} <$

$\frac{1}{\varepsilon}$ avec ε l'élasticité de la demande au point $\frac{B}{2}$, égale à $\frac{B}{2} \frac{x'\left(\frac{B}{2}\right)}{x\left(\frac{B}{2}\right)}$.

4.2.2. L'optimum social

On maximise le surplus collectif, qui est la somme des profits des FC, avant le paiement des frais de connexion à la plateforme du FAI¹¹³, pour les deux périodes 1 et 2, à laquelle on soustrait le coût de

¹¹³ Le prix de connexion à la plateforme du FAI ne constitue qu'un transfert monétaire entre les FC et le FAI en situation de monopole.

l'investissement¹¹⁴. On trouve :

$$W_{NN} = 2(a_1 + a_2 - 2c)x \left(\frac{B + \delta}{2} \right) - F(\delta)$$

$$\frac{dW_{NN}}{d\delta} = (a_1 + a_2 - 2c)x' \left(\frac{B + \delta}{2} \right) - F'(\delta) = H_{NN}(\delta, B, a_1, a_2)$$

$$\Leftrightarrow \frac{d\pi}{d\delta}_{\delta=\delta_{opt}^{NN}} = H_{NN}(\delta_{opt}^{NN}, B, a_1, a_2) = 0$$

La dérivée seconde est égale à : $\frac{d^2W_{NN}}{d\delta^2} = \frac{1}{2}(a_1 + a_2 - 2c)x'' \left(\frac{B+\delta}{2} \right) - F''(\delta) \leq 0$, car $x''(.) \leq 0$ et $F''(\delta) \geq 0$ On déduit que l'extremum est un maximum global.

4.3 La Non Neutralité du Net (NNN)

La situation que nous présentons pourrait se rapprocher du système de l'usufruit qui attribue un droit d'usage et un droit réel sur le bien pour une durée limitée à 30 ans. Le système de l'*Indefeasible Right of Use* (IRU)¹¹⁵ se rapproche aussi de notre cadre d'analyse dans la mesure où le paiement du droit d'usage, avec un droit quasi-réel sur l'objet sans possibilité d'aliénation, se fait *up-front*, c'est-à-dire en une fois pour toute la période d'usage. La période d'usage n'est pas limitée à 30 ans, contrairement à l'usufruit. Généralement, le contrat d'IRU porte sur toute la durée de vie de l'immeuble ou du bien meuble en question. Dans le cadre de notre analyse, l'achat exclusif de l'augmentation de la bande passante correspond à un droit d'usage sur la bande passante pour une durée inférieure à la durée de vie du bien, ici limitée à la période 1.

4.3.1. L'Équilibre

L'entreprise 1 va investir dans l'incrément de bande passante car c'est la plus performante. On écrit les profits de l'entreprise 1 et 2 en période 1 respectivement comme suit :

$$\pi_{11} = (a_1 - c)x \left(\frac{B}{2} + \delta \right) - s_1 - p$$

$$\pi_{21} = (a_2 - c)x \left(\frac{B}{2} \right) - s_1$$

avec s_1 le tarif de l'accès au réseau en période 1. On écrit aussi les profits de l'entreprise 1 et 2 en période 2 respectivement comme suit :

¹¹⁴ On suppose que le surplus des usagers est nul car les FC fixent un prix d'accès à leurs contenus qui leur permet de s'accaparer l'ensemble du surplus des consommateurs. Certains FC retirent un profit relativement élevé grâce à un meilleur *click-through rate* de leurs contenus publicitaires.

¹¹⁵ Voir le rapport de l'ARCEP en mars 2011 : Étude des caractéristiques de l'*indefeasible right of use*

$$\pi_{12} = (a_1 - c)x \left(\frac{B + \delta}{2} \right) - s_2$$

$$\pi_{22} = (a_2 - c)x \left(\frac{B + \delta}{2} \right) - s_2$$

En période 1 et 2 le prix forfaitaire est fixé tel que le profit de l'entreprise 2 est nul, nous avons :

$$(a_2 - c)x \left(\frac{B}{2} \right) = s_1$$

$$(a_2 - c)x \left(\frac{B + \delta}{2} \right) = s_2$$

Hypothèse 11 : $(a_2 - c)x \left(\frac{B}{2} + \delta \right) > (a_1 - c)x \left(\frac{B}{2} \right)$

Proposition 1 : Sous l'Hypothèse 11, le prix de l'incrément de bande passante p est égal à

$$(a_1 - c)x \left(\frac{B}{2} + \delta \right) - (a_2 - c)x \left(\frac{B}{2} \right)$$

Démonstration :

Le prix de l'augmentation de la bande passante est égal à la disposition à payer de l'entreprise 1, si on suppose que la plateforme est en mesure de s'accaparer la totalité de la disposition à payer de l'entreprise 1. La disposition à payer de l'entreprise 1 va dépendre du profit que l'entreprise 1 détiendrait si l'entreprise 2 gagnait la vente exclusive de l'incrément de bande passante. Si l'entreprise 2 gagne le contrat d'exclusivité (sur l'incrément de bande passante), alors les profits de l'entreprise 1 et 2 s'écrivent comme suit :

$$\pi_1 = (a_1 - c)x \left(\frac{B}{2} \right) - s_1 + (a_1 - c)x \left(\frac{B + \delta}{2} \right) - s_2$$

$$\pi_2 = (a_2 - c)x \left(\frac{B}{2} + \delta \right) - s_1 - p + (a_2 - c)x \left(\frac{B + \delta}{2} \right) - s_2$$

Deux cas sont possibles pour la fixation des prix de connexion des FC à la plateforme du FAI en première période :

- Si $(a_2 - c)x \left(\frac{B}{2} + \delta \right) < (a_1 - c)x \left(\frac{B}{2} \right)$, alors $(a_2 - c)x \left(\frac{B}{2} + \delta \right) = s_1$, $p = 0$, et le profit de l'entreprise 1 serait égal à $(a_1 - c)x \left(\frac{B}{2} \right) - (a_2 - c)x \left(\frac{B}{2} + \delta \right)$.
- Si $(a_2 - c)x \left(\frac{B}{2} + \delta \right) > (a_1 - c)x \left(\frac{B}{2} \right)$, alors $(a_1 - c)x \left(\frac{B}{2} \right) = s_1$, et $p = (a_2 - c)x \left(\frac{B}{2} + \delta \right) - (a_1 - c)x \left(\frac{B}{2} \right)$; et les profits des deux entreprises sont nuls en première période.

Dans les deux cas, en première période, le profit de l'entreprise 2 est nul car la plateforme s'accapare l'ensemble du profit de l'entreprise la moins productive. En deuxième période, $s_2 = (a_2 - c)x \left(\frac{B + \delta}{2} \right)$ et le profit de l'entreprise 1 sera égal à $x \left(\frac{B + \delta}{2} \right) (a_1 - a_2)$.

Si l'entreprise 1 gagne la vente de l'incrément de bande passante, son profit est égale à $(a_1 - c)x \left(\frac{B}{2} + \delta \right) - (a_2 - c)x \left(\frac{B}{2} \right) - p + x \left(\frac{B + \delta}{2} \right) (a_1 - a_2)$, alors que sous l'Hypothèse 11 son

profit est de $x\left(\frac{B+\delta}{2}\right)(a_1 - a_2)$ si elle ne détient pas l'exclusivité. Par conséquent, si on suppose que la plateforme s'accapare l'ensemble de la disposition à payer de l'entreprise 1 pour la vente exclusive de l'incrément de bande passante, nous pouvons déduire le prix maximum qui laisse indifférente l'entreprise 1 entre gagner et perdre le contrat d'exclusivité sur l'incrément de bande passante. Nous avons :

$$(a_1 - c)x\left(\frac{B}{2} + \delta\right) - (a_2 - c)x\left(\frac{B}{2}\right) - p + x\left(\frac{B + \delta}{2}\right)(a_1 - a_2) = x\left(\frac{B + \delta}{2}\right)(a_1 - a_2)$$

$$\Rightarrow p = (a_1 - c)x\left(\frac{B}{2} + \delta\right) - (a_2 - c)x\left(\frac{B}{2}\right)$$

Propriété 3 : Sous Hypothèse 11, les profits des deux entreprises sont nuls en première période. En particulier, le profit de l'entreprise 1 qui achète le contrat d'exclusivité est nul alors qu'il est positif, égal à $\pi_1 = (a_1 - a_2)x\left(\frac{B}{2}\right)$, lorsqu'aucun investissement sur la bande passante n'est opéré.

Maintenant, toute la question est de savoir combien le FAI est prêt à investir dans la bande. La plateforme maximise son profit $\pi = 2s_1 + p + 2s_2 - F(\delta)$, avec $F(\delta)$ le coût de l'investissement qui satisfait : $F'(\delta) > 0$ et $F''(\delta) \geq 0$. On remplace ensuite les expressions des prix dans la fonction de profit, nous avons :

$$\pi = 2(a_2 - c)x\left(\frac{B}{2}\right) + (a_1 - c)x\left(\frac{B}{2} + \delta\right) - (a_2 - c)x\left(\frac{B}{2}\right) + 2(a_2 - c)x\left(\frac{B + \delta}{2}\right) - F(\delta)$$

$$\Leftrightarrow \pi = (a_2 - c)x\left(\frac{B}{2}\right) + (a_1 - c)x\left(\frac{B}{2} + \delta\right) + 2(a_2 - c)x\left(\frac{B + \delta}{2}\right) - F(\delta)$$

$$\frac{d\pi}{d\delta} = (a_1 - c)x'\left(\frac{B}{2} + \delta_{eq}^{NNN}\right) + (a_2 - c)x'\left(\frac{B + \delta_{eq}^{NNN}}{2}\right) - F'(\delta_{eq}^{NNN}) = G_{NNN}(\delta_{eq}^{NNN}, B, a_1, a_2)$$

$$= 0$$

La dérivée seconde est négative, nous avons : $\frac{d^2\pi}{d\delta^2} = (a_1 - c)x''\left(\frac{B}{2} + \delta\right) + \frac{1}{2}(a_2 - c)x''\left(\frac{B+\delta}{2}\right) - F''(\delta) \leq 0$. On déduit que l'extremum est un maximum global.

$$\frac{d\delta}{da_1} = -\frac{\frac{dG}{da_1}}{\frac{dG}{d\delta}} = -\frac{x'\left(\frac{B}{2} + \delta\right)}{(a_1 - c)x''\left(\frac{B}{2} + \delta\right) + \frac{1}{2}(a_2 - c)x''\left(\frac{B + \delta}{2}\right) - F''(\delta)} > 0$$

$$\frac{d\delta}{da_2} = -\frac{\frac{dG}{da_2}}{\frac{dG}{d\delta}} = -\frac{x'\left(\frac{B + \delta}{2}\right)}{(a_1 - c)x''\left(\frac{B}{2} + \delta\right) + \frac{1}{2}(a_2 - c)x''\left(\frac{B + \delta}{2}\right) - F''(\delta)} > 0$$

Nous trouvons que le niveau d'équilibre de l'investissement marginal dans la bande passante est plus sensible au revenu unitaire de l'entreprise qui n'achète pas la bande passante plutôt qu'au revenu unitaire de l'entreprise qui achète l'incrément de bande passante. En effet, nous avons : $\frac{B}{2} + \delta >$

$$\frac{B+\delta}{2} \Rightarrow x' \left(\frac{B}{2} + \delta \right) < x' \left(\frac{B+\delta}{2} \right) \Rightarrow \frac{d\delta}{da_1} < \frac{d\delta}{da_2}.$$

4.3.2. L'optimum social

Nous calculons l'optimum social dans la même situation de la Non Neutralité du Net (NNN), c'est-à-dire lorsque l'entreprise 1 détient une priorité pour la première période. En seconde période, la bande passante est redistribuée de manière égalitaire entre les deux entreprises. La priorité à l'optimum social est toujours attribuée à l'entreprise la plus efficiente, c'est-à-dire à l'entreprise 1 afin de maximiser le surplus collectif. Remarquons que les revenus issus de la vente de l'accès pour les périodes 1 et 2 ainsi que ceux issus de la vente de l'incrément de bande passante pour la période 1 ne sont pas incorporés dans la fonction de bien-être collectif car ce ne sont que des transferts monétaires entre les entreprises. La fonction de bien-être collectif s'écrit comme suit :

$$W_{NNN} = (a_1 - c)x \left(\frac{B}{2} + \delta \right) + (a_2 - c)x \left(\frac{B}{2} \right) + (a_1 - c)x \left(\frac{B + \delta}{2} \right) + (a_2 - c)x \left(\frac{B + \delta}{2} \right) - F(\delta)$$

$$W_{NNN} = (a_1 - c)x \left(\frac{B}{2} + \delta \right) + (a_2 - c)x \left(\frac{B}{2} \right) + x \left(\frac{B + \delta}{2} \right) (a_1 + a_2 - 2c) - F(\delta)$$

$$\begin{aligned} \frac{dW_{NNN}}{d\delta} &= (a_1 - c)x' \left(\frac{B}{2} + \delta_{opt}^{NNN} \right) + \frac{1}{2} x' \left(\frac{B + \delta_{opt}^{NNN}}{2} \right) (a_1 + a_2 - 2c) - F'(\delta_{opt}^{NNN}) \\ &= H_{NNN}(\delta_{opt}^{NNN}, B, a_1, a_2) = 0 \end{aligned}$$

La dérivée seconde est égale à : $\frac{d^2W_{NNN}}{d\delta^2} = (a_1 - c)x'' \left(\frac{B}{2} + \delta_{opt}^{NNN} \right) + \frac{1}{4} x'' \left(\frac{B + \delta_{opt}^{NNN}}{2} \right) (a_1 + a_2 - 2c) - F''(\delta_{opt}^{NNN}) \leq 0$, car $x''(\cdot) \leq 0$ et $F''(\delta) \geq 0$. On déduit que l'extremum est un maximum global.

4.4 Étude comparative des équilibres

4.4.1. L'équilibre versus l'optimum social de la NN

Nous rappelons qu'à l'équilibre de la NN, nous avons :

$$(a_2 - c)x' \left(\frac{B + \delta_{eq}^{NN}}{2} \right) - F'(\delta_{eq}^{NN}) = G_{NN}(\delta_{eq}^{NN}, B, a_1, a_2) = 0$$

Le planificateur quant à lui investit de manière à satisfaire l'équation suivante :

$$(a_1 + a_2 - 2c)x' \left(\frac{B + \delta_{opt}^{NN}}{2} \right) - F'(\delta_{opt}^{NN}) = H_{NN}(\delta_{opt}^{NN}, B, a_1, a_2) = 0$$

Calculons la dérivée première du surplus collectif au point d'équilibre de la NN, noté δ_{eq}^{NN} , nous trouvons :

$$\begin{aligned} H_{NN}(\delta_{eq}^{NN}, B, a_1, a_2) &= \frac{\partial W_{NN}}{\partial \delta} \Big|_{\delta=\delta_{eq}^{NN}} = (a_1 - c)x' \left(\frac{B + \delta_{eq}^{NN}}{2} \right) > 0 \\ \Rightarrow \delta_{eq}^{NN} &< \delta_{opt}^{NN} \end{aligned}$$

Propriété 4 : Dans la situation de la NN, la plateforme en situation de monopole n'investit pas assez dans la bande passante relativement à l'optimum social. En effet, le monopole capte seulement la recette marginale de l'entreprise 2. Il n'internalise pas les bénéfices sociaux de l'investissement pour l'entreprise 1.

4.4.2. L'équilibre de la NNN versus l'optimum social de la NN

Nous rappelons qu'à l'équilibre de la NNN, la plateforme en situation de monopole choisit un niveau d'investissement qui satisfait l'équation suivante :

$$(a_1 - c)x' \left(\frac{B}{2} + \delta_{eq}^{NNN} \right) + (a_2 - c)x' \left(\frac{B + \delta_{eq}^{NNN}}{2} \right) - F'(\delta_{eq}^{NNN}) = G_{NNN}(\delta_{eq}^{NNN}, B, a_1, a_2) = 0$$

$$\Leftrightarrow (a_2 - c)x' \left(\frac{B + \delta_{eq}^{NNN}}{2} \right) - F'(\delta_{eq}^{NNN}) = -(a_1 - c)x' \left(\frac{B}{2} + \delta_{eq}^{NNN} \right)$$

Calculons la dérivée première de la fonction de surplus collectif de la NN au point d'équilibre δ_{eq}^{NNN} de la NNN, nous avons :

$$H_{NN}(\delta_{eq}^{NNN}, B, a_1, a_2) = (a_1 - c)x' \left(\frac{B + \delta_{eq}^{NNN}}{2} \right) + (a_2 - c)x' \left(\frac{B + \delta_{eq}^{NNN}}{2} \right) - F'(\delta_{eq}^{NNN})$$

$$\Leftrightarrow (a_1 - c)x' \left(\frac{B + \delta_{eq}^{NNN}}{2} \right) - (a_1 - c)x' \left(\frac{B}{2} + \delta_{eq}^{NNN} \right)$$

$$= (a_1 - c) \left(x' \left(\frac{B + \delta_{eq}^{NNN}}{2} \right) - x' \left(\frac{B}{2} + \delta_{eq}^{NNN} \right) \right)$$

Or $x' \left(\frac{B + \delta_{eq}^{NNN}}{2} \right) \geq x' \left(\frac{B}{2} + \delta_{eq}^{NNN} \right)$, car $x'' \leq 0$, donc $H_{NN}(\delta, B, a_1, a_2)_{\delta=\delta_{eq}^{NNN}} \geq 0 \Rightarrow \delta_{eq}^{NNN} \leq \delta_{opt}^{NN}$

Propriété 5 : L'équilibre de la NNN conduit à un investissement trop faible relativement à l'optimum de la NN. En première période, l'opérateur accapare le profit des deux entreprises. En fait, la vente exclusive de l'incrément de bande passante agit comme une différenciation verticale de premier degré. En revanche, en deuxième période, la bande passante doit être divisée équitablement entre les deux entreprises, l'opérateur accapare seulement le profit de l'entreprise 2 et n'internalise pas le bénéfice marginal pour l'entreprise 1.

4.4.3. L'équilibre de la NN versus l'équilibre de la NNN

Grâce à la situation de la NNN, l'opérateur est en mesure d'intégrer dans sa décision d'investissement le fait qu'il pourra internaliser au moins pour la première période les revenus de l'entreprise 1 et donc le bénéfice marginal de l'augmentation de la bande passante. Nous montrons naturellement ci-après que l'investissement de l'équilibre de la NNN est supérieur à l'équilibre de la NN. On rappelle l'équation d'équilibre de la NN :

$$(a_2 - c)x' \left(\frac{B + \delta_{eq}^{NN}}{2} \right) - F'(\delta_{eq}^{NN}) = G_{NN}(\delta_{eq}^{NN}, B, a_1, a_2) = 0$$

On calcule la dérivée première du profit de la plateforme de la NNN au point d'équilibre de la NN.

On a :

$$\begin{aligned} G_{NNN}(\delta, B, a_1, a_2)_{\delta=\delta_{eq}^{NN}} &= (a_1 - c)x' \left(\frac{B}{2} + \delta_{eq}^{NN} \right) + (a_2 - c)x' \left(\frac{B + \delta_{eq}^{NN}}{2} \right) - F'(\delta_{eq}^{NN}) \\ \Leftrightarrow G_{NNN}(\delta, B, a_1, a_2)_{\delta=\delta_{eq}^{NN}} &= (a_1 - c)x' \left(\frac{B}{2} + \delta_{eq}^{NN} \right) > 0 \\ \Rightarrow \delta_{eq}^{NN} &< \delta_{eq}^{NNN} \end{aligned}$$

Propriété 6 : La vente exclusive de bande passante permet d'inciter l'opérateur en situation de monopole à augmenter son investissement dans la bande passante.

4.4.4. L'équilibre versus l'optimum de la NNN

Nous rappelons l'équation de l'équilibre de la NNN :

$$G_{NNN}(\delta, B, a_1, a_2)_{\delta=\delta_{eq}^{NNN}} = (a_1 - c)x' \left(\frac{B}{2} + \delta_{eq}^{NNN} \right) + (a_2 - c)x' \left(\frac{B + \delta_{eq}^{NNN}}{2} \right) - F'(\delta_{eq}^{NNN}) = 0$$

Puis on calcule la dérivée première de la fonction de bien-être collectif au niveau d'équilibre de la NNN, nous avons :

$$\begin{aligned} H_{NNN}(\delta_{eq}^{NNN}, B, a_1, a_2) &= (a_1 - c)x' \left(\frac{B}{2} + \delta_{eq}^{NNN} \right) + \frac{1}{2}x' \left(\frac{B + \delta_{eq}^{NNN}}{2} \right) (a_1 + a_2 - 2c) - F'(\delta_{eq}^{NNN}) \\ \Leftrightarrow (a_1 - c)x' \left(\frac{B}{2} + \delta_{eq}^{NNN} \right) + \frac{1}{2} (a_1 - c)x' \left(\frac{B + \delta_{eq}^{NNN}}{2} \right) + \frac{1}{2} (a_2 - c)x' \left(\frac{B + \delta_{eq}^{NNN}}{2} \right) & \\ - (a_1 - c)x' \left(\frac{B}{2} + \delta_{eq}^{NNN} \right) - (a_2 - c)x' \left(\frac{B + \delta_{eq}^{NNN}}{2} \right) & \\ \Leftrightarrow \frac{1}{2} (a_1 - a_2)x' \left(\frac{B + \delta_{eq}^{NNN}}{2} \right) > 0 & \\ \Rightarrow \delta_{eq}^{NNN} < \delta_{opt}^{NNN} & \end{aligned}$$

Propriété 7 : Dans la situation de la NNN, c'est-à-dire lorsque l'on autorise la vente exclusive, pour une durée limitée, de l'incrément de bande passante, la plateforme n'investit pas assez dans la bande passante relativement à l'optimum social. En effet, en deuxième période, la plateforme n'internalise pas le bénéfice marginal pour l'entreprise 1 d'un investissement en bande passante.

4.4.5. L'optimum social de la NN versus l'optimum social de la NNN

Nous comparons l'optimum social dans les deux situations de la NN et de la NNN. Nous rappelons :

$$H_{NNN}(\delta, B, a_1, a_2) = (a_1 - c)x' \left(\frac{B}{2} + \delta \right) + \frac{1}{2}x' \left(\frac{B + \delta}{2} \right) (a_1 + a_2 - 2c) - F'(\delta)$$

$$H_{NN}(\delta, B, a_1, a_2) = (a_1 + a_2 - 2c)x' \left(\frac{B + \delta}{2} \right) - F'(\delta)$$

Nous calculons la dérivée de la fonction de bien-être collectif de la situation de la NNN au point d'équilibre de l'optimum social de la NN, nous obtenons :

$$\begin{aligned} H_{NNN}(\delta_{opt}^{NN}, B, a_1, a_2) &= (a_1 - c)x' \left(\frac{B}{2} + \delta_{opt}^{NN} \right) + \frac{1}{2}x' \left(\frac{B + \delta_{opt}^{NN}}{2} \right) (a_1 + a_2 - 2c) - F'(\delta_{opt}^{NN}) \\ &\Leftrightarrow (a_1 - c)x' \left(\frac{B}{2} + \delta_{opt}^{NN} \right) - \frac{1}{2}x' \left(\frac{B + \delta_{opt}^{NN}}{2} \right) (a_1 + a_2 - 2c) \\ &= (a_1 - c) \left(x' \left(\frac{B}{2} + \delta_{opt}^{NN} \right) - \frac{1}{2}x' \left(\frac{B + \delta_{opt}^{NN}}{2} \right) \right) - \frac{1}{2}x' \left(\frac{B + \delta_{opt}^{NN}}{2} \right) (a_2 - c) \end{aligned}$$

L'inégalité précédente s'explique comme suit. En situation de NNN, le planificateur va attribuer la vente exclusive à l'entreprise 1. L'incrément de bande passante n'est pas divisé entre les deux entreprises. Le bénéfice marginal provenant de l'entreprise 1 est égal à $(a_1 - c)x' \left(\frac{B}{2} + \delta_{opt}^{NN} \right)$ alors qu'il est égal à $(a_1 - c)\frac{1}{2}x' \left(\frac{B + \delta_{opt}^{NN}}{2} \right)$ dans la situation de la NN. De plus, dans la situation de la NNN, le planificateur en attribuant la bande passante à l'entreprise 1 ne permet pas à l'entreprises 2 de bénéficier de la moitié de la bande passante incrémentale, son bénéfice aurait été égal à $\frac{1}{2}x' \left(\frac{B + \delta_{opt}^{NN}}{2} \right) (a_2 - c)$.

Proposition 2 : Si le degré de concavité de la demande est suffisamment élevé, en particulier si nous avons $\frac{1}{\delta} < -\frac{x'' \left(\frac{B + \delta}{2} \right)}{x' \left(\frac{B + \delta}{2} \right)}$, le niveau d'investissement à l'optimum social de la NNN est forcément inférieur à celui de la NN, nous avons : $\delta_{opt}^{NNN} < \delta_{opt}^{NN}$.

Démonstration : nous savons en effet que $x' \left(\frac{B}{2} + \delta \right) < \frac{1}{2}x' \left(\frac{B + \delta}{2} \right) \Rightarrow H_{\delta = \delta_{opt}^{NN}}^{NNN}(\delta, B, a_1, a_2) < 0 \Rightarrow \delta_{opt}^{NNN} < \delta_{opt}^{NN}$. Or, l'approximation de Taylor à l'ordre de 1 de $x' \left(\frac{B}{2} + \delta \right)$ autour du point $\frac{B + \delta}{2}$ donne $x' \left(\frac{B}{2} + \delta \right) \simeq x' \left(\frac{B + \delta}{2} \right) + \frac{\delta}{2}x'' \left(\frac{B + \delta}{2} \right)$. La condition $x' \left(\frac{B}{2} + \delta \right) < \frac{1}{2}x' \left(\frac{B + \delta}{2} \right)$ est alors équivalente à l'inégalité suivante :

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} \left(x' \left(\frac{B + \delta}{2} \right) + \delta x'' \left(\frac{B + \delta}{2} \right) \right) &< 0 \\ \Leftrightarrow \frac{1}{\delta} &< -\frac{x'' \left(\frac{B + \delta}{2} \right)}{x' \left(\frac{B + \delta}{2} \right)} \end{aligned}$$

Corollaire 2 : Si $\frac{1}{\delta} < -\frac{x''(\frac{B+\delta}{2})}{x'(\frac{B+\delta}{2})}$, nous déduisons que la politique de *regulatory holidays* permet de se rapprocher de l'optimum social de la NN en termes de niveau d'investissement. En effet, nous avons : $\delta_{eq}^{NN} < \delta_{eq}^{NNN} < \delta_{opt}^{NNN} < \delta_{opt}^{NN}$.

Notons qu'en termes de surplus collectif, la situation de la NN n'est pas nécessairement supérieure à la situation de la NNN, même si $\delta_{opt}^{NNN} < \delta_{opt}^{NN}$.

Proposition 3 : La situation de la NN est inférieure à la situation de la NNN en termes de surplus collectif¹¹⁶ si $-\frac{x'''(\frac{B+\delta}{2})}{x''(\frac{B+\delta}{2})} > \frac{1}{\delta} > 0$, avec $x'''(\frac{B+\delta}{2}) > 0$.

Démonstration : Remarquons naturellement que pour $\delta = 0$ le surplus collectif est identique dans les deux situations de la NN et de la NNN. Si $\frac{dW_{NN}}{d\delta}_{\delta=0} = H_{NN}(\delta = 0, B, a_1, a_2) < \frac{dW_{NNN}}{d\delta}_{\delta=0} = H_{NNN}(\delta = 0, B, a_1, a_2)$, la condition $\frac{\partial H_{NN}(\delta, B, a_1, a_2)}{\partial \delta} < \frac{\partial H_{NNN}(\delta, B, a_1, a_2)}{\partial \delta}$ implique que le surplus collectif de la NN est inférieur à celui de la NNN.

Cherchons tout d'abord à vérifier $H_{NN}(\delta = 0, B, a_1, a_2) < H_{NNN}(\delta = 0, B, a_1, a_2)$.

$$\begin{aligned} & H_{NN}(\delta = 0, B, a_1, a_2) < H_{NNN}(\delta = 0, B, a_1, a_2) \\ \Leftrightarrow & (a_1 + a_2 - 2c)x'(\frac{B}{2}) - F'(0) < (a_1 - c)x'(\frac{B}{2}) + \frac{1}{2}x'(\frac{B}{2})(a_1 + a_2 - 2c) - F'(0) \\ \Leftrightarrow & (a_2 - c)x'(\frac{B}{2}) < \frac{1}{2}x'(\frac{B}{2})(a_1 + a_2 - 2c) \\ \Leftrightarrow & (a_2 - c) < \frac{1}{2}(a_1 + a_2 - 2c) \\ \Leftrightarrow & a_2 < a_1 \end{aligned}$$

La condition $a_2 < a_1$ est vraie donc $H_{NN}(\delta = 0, B, a_1, a_2) < H_{NNN}(\delta = 0, B, a_1, a_2)$.

Etudions maintenant l'inégalité $\frac{\partial H_{NNN}(\delta, B, a_1, a_2)}{\partial \delta} \leq \frac{\partial H_{NN}(\delta, B, a_1, a_2)}{\partial \delta}$. Nous avons :

$$\begin{aligned} \frac{\partial H_{NNN}(\delta, B, a_1, a_2)}{\partial \delta} &= (a_1 - c)x''(\frac{B}{2} + \delta) + \frac{1}{4}x''(\frac{B + \delta}{2})(a_1 + a_2 - 2c) - F''(\delta) \\ &\leq \frac{\partial H_{NN}(\delta, B, a_1, a_2)}{\partial \delta} = \frac{1}{2}(a_1 + a_2 - 2c)x''(\frac{B + \delta}{2}) - F''(\delta) \\ \Leftrightarrow & (a_1 - c)x''(\frac{B}{2} + \delta) \leq \frac{1}{4}(a_1 + a_2 - 2c)x''(\frac{B + \delta}{2}) \end{aligned}$$

Nous savons que $a_1 > a_2$. Nous déduisons : $\frac{1}{2}(a_1 - c)x''(\frac{B+\delta}{2}) > \frac{1}{4}(a_1 + a_2 - 2c)x''(\frac{B+\delta}{2})$.

¹¹⁶ Le bénéfice marginal de la bande passante pour les consommateurs doit être décroissant et convexe, il décroît de moins en moins vite avec la bande passante.

Par conséquent, $(a_1 - c)x''\left(\frac{B}{2} + \delta\right) > \frac{1}{2}(a_1 - c)x''\left(\frac{B+\delta}{2}\right) \Rightarrow (a_1 - c)x''\left(\frac{B}{2} + \delta\right) > \frac{1}{4}(a_1 + a_2 - 2c)x''\left(\frac{B+\delta}{2}\right)$

Simplifions la condition précédente :

$$\begin{aligned} (a_1 - c)x''\left(\frac{B}{2} + \delta\right) &> \frac{1}{2}(a_1 - c)x''\left(\frac{B + \delta}{2}\right) \\ \Leftrightarrow x''\left(\frac{B}{2} + \delta\right) &> \frac{1}{2}x''\left(\frac{B + \delta}{2}\right) \end{aligned}$$

D'après l'approximation de Taylor à l'ordre 1, nous avons :

$$\begin{aligned} x''\left(\frac{B + \delta}{2}\right) + \frac{\delta}{2}x'''\left(\frac{B + \delta}{2}\right) &> \frac{1}{2}x''\left(\frac{B + \delta}{2}\right) \\ \Leftrightarrow x''\left(\frac{B + \delta}{2}\right) + \delta x'''\left(\frac{B + \delta}{2}\right) &> 0 \\ \Leftrightarrow 1 < \frac{-\delta x'''\left(\frac{B + \delta}{2}\right)}{x''\left(\frac{B + \delta}{2}\right)} \\ \Leftrightarrow 0 < \frac{1}{\delta} < -\frac{x'''\left(\frac{B + \delta}{2}\right)}{x''\left(\frac{B + \delta}{2}\right)} \end{aligned}$$

Par conséquent, si $\frac{1}{\delta} < -\frac{x'''\left(\frac{B+\delta}{2}\right)}{x''\left(\frac{B+\delta}{2}\right)}$, nous avons $\frac{\partial H^{NNN}(\delta, B, a_1, a_2)}{\partial \delta} > \frac{\partial H^{NN}(\delta, B, a_1, a_2)}{\partial \delta}$. En d'autres termes,

la dérivée seconde du surplus collectif dans la situation de la NNN est supérieure à la celle dans la situation de la NN. Nous avons aussi montré que $H_{NN}(\delta = 0, B, a_1, a_2) < H_{NNN}(\delta = 0, B, a_1, a_2)$, nous déduisons alors que le surplus collectif de la NN est toujours inférieur au surplus collectif de la NNN.

5 Conclusion

Pour conclure, sous certaines conditions, nous trouvons que la politique de *regulatory holidays* des règles de la NN permet d'inciter l'opérateur privé à investir davantage dans la bande passante. Nous montrons aussi que le niveau d'investissement à l'équilibre ne peut dans ce contexte dépasser le niveau optimal de la NN. Cette politique permet donc de rapprocher le niveau d'investissement à l'équilibre de celui de l'optimum social de la NN.

Par ailleurs, la politique de *regulatory holidays*, en termes de surplus collectif, peut même s'avérer supérieure à la politique de la NN.

Cette politique de régulation, qui autorise pour une période limitée le non-respect des règles de la NN, mériterait *a priori* une attention toute particulière de la part des régulateurs. Elle encourage de nouveaux investissements dans le réseau et protège dans le même temps l'Internet ouvert soumis au régime du BE. Les *regulatory holidays* des règles de la NN permettent de répondre précisément à la crainte actuelle d'une diminution progressive et relative de la QdS et donc de la consommation sur l'Internet ouvert.

6 Bibliographie

- Adlittle. 2013. « National Fibre Strategies; national economic imperative or just another private industry task? »
- Aghion, Philippe, Stefan Bechtold, Lea Cassar, et Holger Herz. 2014. « The Causal Effects of Competition on Innovation: Experimental Evidence ». NBER Working Paper 19987. National Bureau of Economic Research, Inc. <http://econpapers.repec.org/paper/nbrnberwo/19987.htm>.
- Aghion, Philippe, Nicholas Bloom, Richard Blundell, Rachel Griffith, et Peter Howitt. 2002. « Competition and Innovation: An Inverted U Relationship ». Working Paper 9269. National Bureau of Economic Research. <http://www.nber.org/papers/w9269>.
- Alleman, James, Gary Madden, et Hak-Ju Kim. 2009. « Real Options Methodology Applied to the ICT Sector: A Survey ». SSRN Scholarly Paper ID 1354094. Rochester, NY: Social Science Research Network. <http://papers.ssrn.com/abstract=1354094>.
- Alleman, James, et Paul Rappoport. 2006. « Optimal Pricing with Sunk Cost and Uncertainty ». In *The Economics of Online Markets and ICT Networks*, édité par Professor Russel Cooper, Professor Gary Madden, Professor Ashley Lloyd, et Michael Schipp, 143-55. Contributions to Economics. Physica-Verlag HD. http://link.springer.com/chapter/10.1007/3-7908-1707-4_10.
- ARCEP. 2014. « Modèle générique de tarification de l'accès aux réseaux en fibre optique jusqu'à l'abonné en dehors des zones très denses ».
- Armstrong, Mark. 2006. « Competition in Two-Sided Markets ». *The RAND Journal of Economics* 37 (3): 668-91. doi:10.1111/j.1756-2171.2006.tb00037.x.
- Arnott, Richard, et Kenneth Small. 1994. « The Economics of Traffic Congestion ». *American Scientist* 82 (5): 446-55.
- Arrow, Kenneth. 1962. « Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention ». NBER Chapters. National Bureau of Economic Research, Inc. <https://ideas.repec.org/h/nbr/nberch/2144.html>.
- Arthur D. Little. 2013. « National Fibre Strategies; National economic imperative or just another private industry task? »
- Arvind Parmar, et al. 2015. « Adblock Plus Efficacy Study ».
- Australian Government. 2014. « Independent Cost-Benefit Analysis of the NBN ».
- Babaali, Nadia. 2013. « Sweden: a showcase for rural FTTH ».
- Bakos, J. Yannis. 1997. « Reducing Buyer Search Costs: Implications for Electronic Marketplaces ». *Management Science* 43 (12): 1676-92. doi:10.1287/mnsc.43.12.1676.
- Becker, Gary S., et Kevin M. Murphy. 1993. « A Simple Theory of Advertising as a Good or Bad ». *The Quarterly Journal of Economics* 108 (4): 941-64.
- Beltrán, Fernando. 2013. « Effectiveness and Efficiency in the Build-Up of High-Speed Broadband Platforms in Australia and New Zealand ». SSRN Scholarly Paper ID 2448250. Rochester, NY: Social Science Research Network. <http://papers.ssrn.com/abstract=2448250>.
- Booz&co. 2008. « Deregulation 2.0 how service-based competition can drive growth in the MENA Telecom Industry ».
- Bourreau, Marc, Carlo Cambini, et Pınar Doğan. 2012. « Access pricing, competition, and incentives to migrate from “old” to “new” technology ». *International Journal of Industrial Organization* 30 (6): 713-23. doi:10.1016/j.ijindorg.2012.08.007.
- Bourreau, Marc, Carlo Cambini, et Steffen Hoernig. 2012. « Ex ante regulation and co-investment in the transition to next generation access ». *Telecommunications Policy, Regulation and competition in communications markets*, 36 (5): 399-406. doi:10.1016/j.telpol.2011.11.024.
- Bourreau, Marc, et Pınar Doğan. 2001. « Regulation and innovation in the telecommunications industry ». *Telecommunications Policy* 25 (3): 167-84. doi:10.1016/S0308-5961(00)00087-2.

- Bourreau, Marc, et Pinar Doğan. 2004. « Service-based vs. facility-based competition in local access networks ». *Information Economics and Policy* 16 (2): 287-306. doi:10.1016/j.infoecopol.2003.05.002.
- Bourreau, Marc, Frago Kourandi, et Tommaso Valletti. 2015. « Net Neutrality with Competing Internet Platforms ». *The Journal of Industrial Economics* 63 (1): 30-73. doi:10.1111/joie.12068.
- Briglauer, Wolfgang, Georg Ecker, et Klaus Gugler. 2012. « Regulation and Investment in Next Generation Access Networks: Recent Evidence from the European Member States ». Paper. <http://epub.wu.ac.at/3447/>.
- . 2013. « The impact of infrastructure and service-based competition on the deployment of next generation access networks: Recent evidence from the European member states ». *Information Economics and Policy, ICT and Innovation*, 25 (3): 142-53. doi:10.1016/j.infoecopol.2012.11.003.
- Briglauer, Wolfgang, Stefan Frübing, et Ingo Vogelsang. 2014. « The Impact of Alternative Public Policies on the Deployment of New Communications Infrastructure – A Survey ». SSRN Scholarly Paper ID 2530983. Rochester, NY: Social Science Research Network. <http://papers.ssrn.com/abstract=2530983>.
- Briglauer, Wolfgang, et Klaus Gugler. 2013. « The deployment and penetration of high-speed fiber networks and services: Why are EU member states lagging behind? » *Telecommunications Policy*, Regulating and investment in new communications infrastructure Understanding ICT adoption and market trends: Papers from recent European ITS regional conferences, 37 (10): 819-35. doi:10.1016/j.telpol.2013.05.003.
- Calderon, Cesar, et Luis Servén. 2014. « Infrastructure, Growth, and Inequality : An Overview ». WPS7034. The World Bank. <http://documents.worldbank.org/curated/en/2014/09/20210994/infrastructure-growth-inequality-overview>.
- Cambini, Carlo, et Virginia Silvestri. 2012. « Technology Investment and Alternative Regulatory Regimes with Demand Uncertainty ». *Information Economics and Policy* 24 (3-4): 212-30. doi:10.1016/j.infoecopol.2012.08.003.
- Cave, Martin E., Antoine Fournier, et Natalia Shutova. 2012. « The Price of Copper and the Transition to Fibre ». SSRN Scholarly Paper ID 2200294. Rochester, NY: Social Science Research Network. <http://papers.ssrn.com/abstract=2200294>.
- Cave, Martin, et Ian Martin. 2010. « Motives and means for public investment in nationwide next generation networks ». *Telecommunications Policy* 34 (9): 505-12.
- Cheng, Hsing Kenneth, Subhajyoti Bandyopadhyay, et Hong Guo. 2010. « The Debate on Net Neutrality: A Policy Perspective ». *Information Systems Research* 22 (1): 60-82. doi:10.1287/isre.1090.0257.
- Choi, Jay Pil, Doh-Shin Jeon, et Byung-Cheol Kim. 2015. « Net Neutrality, Business Models, and Internet Interconnection ». *American Economic Journal: Microeconomics* 7 (3): 104-41.
- Commission Européenne. 2010. « Digital Agenda: Commission outlines action plan to boost Europe's prosperity and well-being ».
- Copeland, Thomas E. 2005. « How Much Is Flexibility Worth? »
- Crandall, Robert W., Jeffrey A. Eisenach, et Allan T. Ingraham. 2013. « The Long-Run Effects of Copper-Loop Unbundling and the Implications for Fiber ». *Telecommunications Policy* 37 (4-5): 262-81. doi:10.1016/j.telpol.2012.08.002.
- Curien, Nicolas. 2013. « Net Neutrality is Imperfect and Should Remain So! » EUI-RSCAS Working Paper 22. European University Institute (EUI), Robert Schuman Centre of Advanced Studies (RSCAS). <https://ideas.repec.org/p/erp/euirsc/p0337.html>.
- Curien, Nicolas, et Winston Maxwell. 2011. *La neutralité d'Internet*. La Découverte.
- Dixit, A.K., et R.S. Pindyck. 1995. « The Options Approach to Capital Investment ». *Long Range Planning* 28 (4): 129-129. doi:10.1016/0024-6301(95)94310-U.

- Dixit, Avinash. 1982. « Recent Developments in Oligopoly Theory ». *American Economic Review* 72 (2): 12-17.
- Economides, Nicholas. 2010. « Why Imposing New Tolls on Third-Party Content and Applications Threatens Innovation and will not Improve Broadband Providers' Investment ». SSRN Scholarly Paper ID 1627347. Rochester, NY: Social Science Research Network. <http://papers.ssrn.com/abstract=1627347>.
- Economides, Nicholas, et Benjamin E. Hermalin. 2012a. « The Economics of Network Neutrality ». *The RAND Journal of Economics* 43 (4): 602-29. doi:10.1111/1756-2171.12001.
- . 2012b. « The Economics of Network Neutrality ». *The RAND Journal of Economics* 43 (4): 602-29. doi:10.1111/1756-2171.12001.
- Economides, Nicholas, et Joacim Tåg. 2012a. « Network neutrality on the Internet: A two-sided market analysis ». *Information Economics and Policy* 24 (2): 91-104. doi:10.1016/j.infoecopol.2012.01.001.
- . 2012b. « Network neutrality on the Internet: A two-sided market analysis ». *Information Economics and Policy* 24 (2): 91-104. doi:10.1016/j.infoecopol.2012.01.001.
- Estache, Antonio, et Grégoire Garsous. 2012. « The impact of infrastructure on growth in developing countries ». *IFC Economic notes*.
- European Commission. 2010. « Commission Recommendation on regulated access to Next Generation Access Networks (NGA) ».
- FCC. 2015. « Report and order on remand, declaratory ruling, and order ».
- Federal Communications Commission. 2009. « In the matter of preserving the open Internet; broadband industry practices, Notice of proposed rule-making ».
- Fibre to the Home Council Europe. 2013. « FTTH Business Guide ».
- Firth, Lucy, et David Mellor. 2005. « Broadband: benefits and problems ». *Telecommunications Policy, Regional development and business prospects for ICT and broadband networks*, 29 (2-3): 223-36. doi:10.1016/j.telpol.2004.11.004.
- General Secretariat For Development Planning. 2008. « Qatar National Vision 2030 ».
- Hermalin, Benjamin E., et Michael L. Katz. 2007. « The economics of product-line restrictions with an application to the network neutrality debate ». *Information Economics and Policy*, 215-48.
- ICTQatar. 2013. « National Broadband Plan for the State of Qatar ».
- Idate consulting. 2014. « FTTH MENA Panorama Market at September 2014 ».
- Inderst, Roman, et Martin Peitz. 2012. « Market Asymmetries and Investments in Next Generation Access Networks ». *Review of Network Economics* 11 (1): 1-27.
- Katsianis, D., T. Rokkas, I. Neokosmidis, M. Tselekounis, D. Varoutas, I. Zacharopoulos, et A. Bartzoudi. 2012. « Risks associated with next generation access networks investment scenarios ». *IEEE Network* 26 (4): 11-17. doi:10.1109/MNET.2012.6246747.
- Kenny, Robert. 2015. « Exploring the costs and benefits of FTTH in the UK ».
- Koutroumpis, Pantelis. 2009. « The economic impact of broadband on growth: A simultaneous approach ». *Telecommunications Policy* 33 (9): 471-85. doi:10.1016/j.telpol.2009.07.004.
- Kraemer, Jan, et Lukas Wiewiorra. 2010. « Network Neutrality and Congestion Sensitive Content Providers: Implications for Service Innovation, Broadband Investment and Regulation ». Working Paper 10-09. NET Institute. <https://ideas.repec.org/p/net/wpaper/1009.html>.
- Krämer, Jan, Lukas Wiewiorra, et Christof Weinhardt. 2013. « Net neutrality: A progress report ». *Telecommunications Policy, Papers from the 40th Research Conference on Communication, Information and Internet Policy (TPRC 2012) Special issue on the first papers from the « Mapping the Field » initiative.*, 37 (9): 794-813. doi:10.1016/j.telpol.2012.08.005.
- Kroes, Neelie. 2011. « Investing in digital networks: a bridge to Europe's future ». SPEECH/11/623 Neelie Kroes Vice-President of the European Commission responsible for the Digital Agenda Investing in digital networks: a bridge to Europe's future ETNO Financial Times 2011 CEO SUMMIT.
- Kruger, Lennard G. 2013. « The National Broadband Plan Goals: Where Do We Stand? »

- Lee, Robin S., et Tim Wu. 2009. « Subsidizing Creativity through Network Design: Zero-Pricing and Net Neutrality ». *The Journal of Economic Perspectives* 23 (3): 61-76.
- Lucas, Karen. 2012. « Transport and social exclusion: Where are we now? » *Transport Policy*, URBAN TRANSPORT INITIATIVES, 20 (mars): 105-13. doi:10.1016/j.tranpol.2012.01.013.
- Marc Bourreau, Carlo Cambini. 2013. « My Fibre or Your Fibre? Cooperative Investment, Uncertainty and Access ». doi:10.2139/ssrn.2199831.
- McKinsey&Compagny. 2012. « A “New Deal”: driving investment in Europe’s telecoms infrastructure ».
- Mitomo, Hitoshi, et Toshiya Jitsuzumi. 1999. « Impact of Telecommuting on Mass Transit Congestion: The Tokyo Case ». *Telecommunications Policy* 23 (10-11): 741-51. doi:10.1016/S0308-5961(99)00059-2.
- Mobdia. 2012. « Understanding today’s smartphone user: demystifying data usage trends on cellular & Wi-Fi networks ».
- « Motives and means for public investment in nationwide next generation networks ». 2015. Consulté le juillet 7. <https://www-sciencedirect-com.bibliopam.ens-cachan.fr/science/article/pii/S0308596110000807>.
- Myers, Stewart C. 1977. « Determinants of corporate borrowing ». *Journal of Financial Economics* 5 (2): 147-75. doi:10.1016/0304-405X(77)90015-0.
- Nasse, Philippe. 2005. « Rapport sur “les coûts de sortie” ».
- Nitsche, Rainer, et Lars Wiethaus. 2011a. « Access regulation and investment in next generation networks — A ranking of regulatory regimes ». *International Journal of Industrial Organization* 29 (2): 263-72. doi:10.1016/j.ijindorg.2010.07.002.
- . 2011b. « Access Regulation and Investment in next Generation Networks — A Ranking of Regulatory Regimes ». *International Journal of Industrial Organization* 29 (2): 263-72. doi:10.1016/j.ijindorg.2010.07.002.
- Njoroge, Paul, Asuman E. Ozdaglar, Nicolas E. Stier-Moses, et Gabriel Y. Weintraub. 2012. « Investment in Two Sided Markets and the Net Neutrality Debate ». SSRN Scholarly Paper ID 1641359. Rochester, NY: Social Science Research Network. <http://papers.ssrn.com/abstract=1641359>.
- OECD. 2013. « Broadband Networks and Open Access ».
- . 2014. « Executive summary of the roundtable on financing of the roll-out of broadband networks ».
- Ofcom. 2007. « Future broadband-Policy approach to next generation access ».
- Opta. 2008. « Draft policy rules tariff regulation for unbundled fibre access ».
- Patrick Maillé, et Bruno Tuffin. 2014. « Le problème de la neutralité du Net est-il réglé? »
- Pil Choi, Jay, et Byung-Cheol Kim. 2010a. « Net Neutrality and Investment Incentives ». *The RAND Journal of Economics* 41 (3): 446-71. doi:10.1111/j.1756-2171.2010.00107.x.
- . 2010b. « Net Neutrality and Investment Incentives ». *The RAND Journal of Economics* 41 (3): 446-71. doi:10.1111/j.1756-2171.2010.00107.x.
- Pindyck, Robert S. 2007. « Mandatory Unbundling and Irreversible Investment in Telecom Networks ». *Review of Network Economics* 6 (3): 1-25.
- Raux, Charles, et Odile Andan. 2002. « Comment les péages urbains peuvent-ils satisfaire une politique d’agglomération ? » *Recherche - Transports - Sécurité* 75 (juillet): 115-30. doi:10.1016/S0761-8980(02)00009-2.
- Reggiani, Carlo, et Tommaso Valletti. 2012. « Net neutrality and innovation at the core and at the edge ». The School of Economics Discussion Paper Series. Economics, The University of Manchester. <http://econpapers.repec.org/paper/mansespap/1202.htm>.
- . 2016. « Net neutrality and innovation at the core and at the edge ». *International Journal of Industrial Organization*. Consulté le janvier 25. doi:10.1016/j.ijindorg.2015.12.005.

- Rendon Schneir, Juan, et Yupeng Xiong. 2013. « Economic implications of a co-investment scheme for FTTH/PON architectures ». *Telecommunications Policy*, Regulating and investment in new communications infrastructure Understanding ICT adoption and market trends: Papers from recent European ITS regional conferences, 37 (10): 849-60. doi:10.1016/j.telpol.2013.06.002.
- Robert W. Hahn, Scott Wallsten. 2007. « The Economics of Net Neutrality ». *The Economists' Voice* 3 (6): 8-8. doi:10.2139/ssrn.943757.
- Rochet, Jean-Charles, et Jean Tirole. 2003. « Platform Competition in Two-sided Markets ». *Journal of the European Economic Association* 1 (4): 990-1029.
- Rohman, Ibrahim Kholilul, et Erik Bohlin. 2012. « Does Broadband Speed Really Matter for Driving Economic Growth? Investigating OECD Countries ». SSRN Scholarly Paper ID 2034284. Rochester, NY: Social Science Research Network. <http://papers.ssrn.com/abstract=2034284>.
- Schumpeter, Joseph Alois. 1934. *The Theory of Economic Development: An Inquiry Into Profits, Capital, Credit, Interest, and the Business Cycle*. Transaction Publishers.
- Shutova, Natalia. 2013. « Monopole naturel, marchés bifaces, différenciation tarifaire: trois essais sur la régulation de télécommunications ». Université Panthéon - Assas.
- Shy, Oz. 2002. « A quick-and-easy method for estimating switching costs ». *International Journal of Industrial Organization* 20 (1): 71-87. doi:10.1016/S0167-7187(00)00076-X.
- Sidak, J. Gregory, et David J. Teece. 2010. « Innovation Spillovers and the “dirt Road” Fallacy: The Intellectual Bankruptcy of Banning Optional Transactions for Enhanced Delivery Over the Internet ». *Journal of Competition Law and Economics* 6 (3): 521-94. doi:10.1093/joclec/nhq003.
- Singh, A.K., et V. Potdar. 2009. « Blocking online advertising - A state of the art ». In *IEEE International Conference on Industrial Technology, 2009. ICIT 2009*, 1-10. doi:10.1109/ICIT.2009.4939739.
- Tahon, Mathieu, Sofie Verbrugge, Peter J. Willis, Paul Botham, Didier Colle, Mario Pickavet, et Piet Demeester. 2014. « Real Options in Telecom Infrastructure Projects — A Tutorial ». *IEEE Communications Surveys & Tutorials* 16 (2): 1157-73. doi:10.1109/SURV.2013.062613.00126.
- Tahon, M., S. Verbrugge, P.J. Willis, P. Botham, D. Colle, M. Pickavet, et P. Demeester. 2014. « Real Options in Telecom Infrastructure Projects — A Tutorial ». *IEEE Communications Surveys Tutorials* 16 (2): 1157-73. doi:10.1109/SURV.2013.062613.00126.
- Tarutė, Asta, et Rimantas Gatautis. 2014. « ICT Impact on SMEs Performance ». *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, The 2-dn International Scientific conference „Contemporary Issues in Business, Management and Education 2013“, 110 (janvier): 1218-25. doi:10.1016/j.sbspro.2013.12.968.
- The Telecommunications Regulatory Authority. 2014. « Bahrain Telecom Pricing International Benchmarking ».
- UE. 2013. « Recommandation de la Commission sur des obligations de non-discrimination et des méthodes de calcul des coûts cohérentes pour promouvoir la concurrence et encourager l'investissement dans le haut débit ». Journal officiel de l'Union Européenne.
- van Schewick, Barbara. 2006. « Towards an Economic Framework for Network Neutrality Regulation ». *Journal on Telecommunications & High Technology Law* 5: 329.
- Wegener, Michael. 2004. « Overview of land-use transport models ».
- WIK. 2010. « Access pricing for copper and fibre: are the sums right ».
- WIK-Consult. 2011. « Wholesale pricing, NGA take-up ad competition ».
- World Health Organization. 2008. « Safer water, better health: costs, benefits and sustainability of interventions to protect and promote health ».

Chapitre 3 Bloqueurs de publicités et nouveaux modèles économiques sur Internet

Présentation

Ce chapitre est le fruit d'un travail collaboratif avec Adrien Karsenty, doctorant et aussi membre du laboratoire du Centre de Recherches en Economie et Droit (CRED) de l'Université de Paris 2. Nous avons à plusieurs reprises discuté de nos recherches. Ces discussions et ces réflexions conjointes nous ont amené à co-écrire cet article académique qui traite de l'effet des bloqueurs de publicités sur le marché de l'Internet.

Nous avons présenté ce travail à l'Université Erasmus de Rotterdam les 23 et 24 mars lors du séminaire *The future of laws and economics*. Cet article a aussi été sélectionné par le comité scientifique des Journées de Microéconomie Appliquée. Nous aurons donc l'occasion de présenter ce travail de recherche les 2 et 3 Juin à Besançon (<http://www.jma2016.fr/>).

Par ailleurs, nous avons valorisé ce travail de recherche en écrivant un article journalistique publié dans le journal d'actualité *The Conversation* (voir l'article en Annexe intitulé « Article publié dans « the conversation » : l'effet des bloqueurs de publicités sur les modèles économiques de l'Internet »¹¹⁷).

¹¹⁷aussi disponible à l'adresse suivante : <https://theconversation.com/leffet-des-bloqueurs-de-publicites-sur-les-modeles-economiques-de-linternet-55805>

Contexte et problématique

En 2014, environ 44% de la population mondiale, soit près de 3 milliards de personnes, avaient accès à Internet¹¹⁸. Toutefois, le degré d'accessibilité à l'Internet varie sensiblement selon les régions du monde. En effet, les pays à faible degré d'accessibilité (premier quartile), où le taux moyen de pénétration est de 6.5%, sont essentiellement des pays en voie d'industrialisation (par exemple, la Somalie, le Benin, le Cambodge, etc.). A l'inverse, les pays à degré élevé d'accessibilité (dernier quartile), où le taux moyen de pénétration est de 84.6%, sont essentiellement des pays anciennement industrialisés (par exemple, la Norvège, le Luxembourg, les États-Unis, le Canada, etc.)¹¹⁹. Ainsi, le potentiel de croissance du marché mondial de l'Internet est important, notamment dans les nouveaux pays industrialisés comme la Chine, le Brésil ou l'Afrique du Sud où les taux de pénétration d'Internet se situent autour de 50%.

Du côté de l'offre, la variété des contenus disponibles en ligne n'a cessé d'augmenter. En effet, entre 2004 et 2014, le nombre de sites Internet a été multiplié par 18,7 alors que le nombre d'utilisateurs n'a été multiplié que par 3,2. Les contenus consommés utilisent de plus en plus de capacité et nécessitent des débits de plus en plus élevés. Notamment en cause, la consommation croissante de vidéos dont la qualité ne cesse d'augmenter. Ainsi, la part de la vidéo dans le trafic total devrait atteindre 80% en 2019 alors qu'elle ne représentait que 67% en 2014.

Le volume annuel des données échangées sur Internet explose, il devrait dépasser le zettabit¹²⁰ à la fin de l'année 2016¹²¹. Malgré des niveaux jamais égalés, le trafic Internet devrait continuer d'augmenter à un rythme soutenu pour atteindre 3 zettabits dans 5 ans.

À l'exception des sites marchands qui génèrent des revenus d'intermédiation entre des acheteurs et

¹¹⁸ Internet Live Stats, <http://www.internetlivestats.com/internet-users/>

¹¹⁹ Calcul des auteurs,

Source : Internet Live Stats (www.InternetLiveStats.com), *Elaboration of data by International Telecommunication Union (ITU), United Nations Population Division, Internet & Mobile Association of India (IAMAI), World Bank, Estimations du 01/07/2014.*

¹²⁰ Un zettabit représente 10^{21} bits.

¹²¹ http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/VNI_Hyperconnectivity_WP.html

des vendeurs de biens et services, l'offre exponentielle de contenus sur Internet est financée via deux sources distinctes qui sont les consommateurs et les annonceurs.

Les recettes publicitaires en ligne devraient atteindre un total de 180 milliards de dollars en 2016¹²², soit une hausse de 13.4% par rapport à l'année 2015. Dans le même temps, des géants du web réussissent aussi à tirer d'importants revenus du côté des consommateurs. Netflix par exemple, à l'origine de 37% du trafic descendant aux États-Unis, a généré 1.6 milliards de dollars de recettes avec la vente de ses abonnements¹²³.

Le marché des contenus est un marché biface où les annonceurs, une première face du marché, sont mis en relation avec les consommateurs, la seconde face du marché, par l'intermédiaire des sites Internet. Le site Internet, en tant que plateforme de mise en relation, maximise les revenus totaux générés par les faces du marché. Le prix optimal dépend de l'utilité directe pour la plateforme et de la sensibilité de la demande vis-à-vis de l'autre face du marché (Rochet et Tirole 2003 and Armstrong 2006).

Ainsi, plusieurs modèles économiques sur le marché des contenus peuvent coexister : le modèle mixte – pour lequel la plateforme tire des revenus des deux côtés du marché, le modèle payant – pour lequel la plateforme tire des revenus seulement du côté des consommateurs par le biais d'abonnements – et le modèle gratuit – pour lequel la plateforme tire uniquement des revenus publicitaires auprès des annonceurs tout en proposant des contenus totalement gratuits aux consommateurs. Un fournisseur de contenus peut être amené à choisir le modèle payant si la disposition à payer des consommateurs est suffisamment élevée au regard de la disposition à payer des annonceurs. Néanmoins, de nombreux fournisseurs de contenus (FC) ont choisi le modèle gratuit afin d'attirer une forte audience publicitaire valorisable auprès des annonceurs.

Le développement du marché des contenus a été soutenu par les progrès techniques au niveau de l'accès à Internet. La montée en débit induite par les nouvelles technologies de réseaux filaires et mobiles intensifie la demande de contenus et permet de produire des contenus nécessitant d'importants débits et suffisamment de bande passante (Sidak et Teece 2010). Réciproquement, l'augmentation et la montée en gamme de l'offre de contenus valorise l'accès à Internet pour les consommateurs. À cet égard, Economides et Tåg (2012) supposent que l'utilité que retire un individu de l'accès à Internet est une fonction linéaire et croissante du nombre de fournisseurs de contenus sur le réseau.

¹²² <http://www.statista.com/statistics/246567/global-online-advertising-revenue/>

¹²³ http://files.shareholder.com/downloads/NFLX/1402489729x0x870685/C6213FF9-5498-4084-A0FF-74363CEE35A1/Q4_15_Letter_to_Shareholders_-_COMBINED.pdf

De plus, la simultanéité des débits descendants, résultant des différents usages des consommateurs, peut conduire à la saturation de la bande passante et être source de congestion. Ainsi, lors de pics de demande, la consommation d'un contenu supplémentaire augmente le niveau de congestion du réseau et donc le coût moyen supporté par l'ensemble des utilisateurs du réseau. Ce coût moyen peut se traduire soit par une dégradation de la qualité du débit descendant, soit par une augmentation globale des coûts de réseau pour le FAI désireux de maintenir un certain niveau de qualité de service sur son réseau.

Cette problématique est d'autant plus importante que le volume de trafic aux heures de pointe augmente plus vite que le trafic moyen. Entre 2013 et 2014, le trafic en heures de pointe a cru de 37%, alors que le trafic moyen n'a cru que de 29%¹²⁴.

Le consommateur est lui-même à l'origine de cette externalité de congestion en ce sens qu'il supporte un coût moyen inférieur au coût marginal social de la congestion (Arnott et Small, 1994). En d'autres termes, lors d'un pic de consommation, le coût de congestion imputable au chargement d'un contenu supplémentaire est mutualisé entre tous les utilisateurs du réseau. Ainsi, la variation du coût moyen supporté par le consommateur est inférieure à l'augmentation totale du coût supportée par l'ensemble des utilisateurs.

Jullien et Sand-Zantman (2012) proposent un modèle où le FAI est en mesure de faire supporter aux consommateurs et/ou aux fournisseurs de contenus le coût de congestion imputable à la consommation de contenus. Les auteurs considèrent deux types de fournisseurs de contenus : les fournisseurs de contenus gratuits, financés entre autres par la publicité, et les fournisseurs de contenus payants. Il en ressort que les recettes publicitaires des fournisseurs de contenus gratuits peuvent ne plus leur permettre de compenser les coûts de production, de distribution et de congestion. Ainsi, seule une partie des fournisseurs de contenus gratuits sont en mesure de supporter le coût supplémentaire de la congestion et de maintenir leur offre de contenus. D'autres fournisseurs passent à un modèle économique mixte basé sur la souscription et la publicité afin de compenser le coût de congestion généré par la consommation de leurs contenus. La souscription permet aux fournisseurs de contenus anciennement gratuits de faire supporter aux consommateurs tout ou partie du coût de congestion. En revanche, les fournisseurs de contenus qui ne sont pas en mesure de supporter un coût supplémentaire ou d'adapter leur modèle économique sont évincés du marché des contenus.

Toutefois, le FAI n'est pas incité à faire supporter l'intégralité du coût de congestion aux consommateurs et/ou aux fournisseurs de contenus à cause de la nature biface du marché de l'accès à Internet. En effet, la capacité du FAI à transférer le coût de congestion est limitée par le

¹²⁴ http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/VNI_Hyperconnectivity_WP.html

consentement à payer des abonnés pour accéder à son réseau, or, le consentement à payer des abonnés dépend directement du nombre d'acteurs présents sur l'autre versant du marché (Armstrong 2006). Ainsi, le FAI est incité à supporter une partie du coût de congestion afin de garantir un certain degré de diversité des contenus et maximiser les recettes issues des abonnements Internet.

Le coût total de congestion d'un contenu peut se décomposer en un coût de congestion imputable au contenu *stricto sensu* (coût intrinsèque au contenu) et en un coût de congestion imputable à la publicité associée au contenu (coût extrinsèque au contenu). Ainsi, le coût de congestion d'un contenu payant, qui n'a pas de contenu publicitaire associé, correspond exactement au coût de congestion imputable au contenu *stricto sensu*, valorisé par le consommateur. En revanche, le coût de congestion d'un contenu gratuit incorpore un coût de congestion supplémentaire imputable au contenu publicitaire.

Dans le modèle de Jullien et Sand-Zantman, deux contenus *stricto sensu* identiques, pour l'un payant, pour l'autre gratuit, ont le même coût global de congestion. Dès lors, le coût de congestion directement imputable au contenu publicitaire est implicitement supposé nul par les auteurs. En d'autres termes, le coût de congestion supporté par les FC ne dépend pas de la proportion de contenus gratuits sur le réseau.

À l'heure où les contenus publicitaires utilisent de plus en plus les formats vidéo, la part de la responsabilité de la publicité dans la congestion globale des réseaux augmente. Ainsi, le choix du modèle économique des FC ont un impact sur le coût total de congestion. D'après Singh et Potdar (2009), la publicité consommerait environ un tiers de la bande passante. Ces résultats sont cohérents avec une étude plus récente (Arvind Parmar et al. 2015) qui conclut que la publicité est en moyenne responsable de 25% du trafic global. Cette part peut même atteindre 40% lorsqu'il s'agit uniquement du trafic vidéo.

Par conséquent, durant les pics de consommation, le coût marginal social de la congestion étant croissant, les fournisseurs de contenus gratuits, de par leur mode de financement, imposent un coût de congestion supplémentaire à l'ensemble des autres fournisseurs et consommateurs de contenus¹²⁵ Toutefois, une situation où aucun contenu publicitaire n'est présent sur Internet est difficilement envisageable car la diversité des contenus et services se verrait fortement réduite.

Afin de maintenir à tout moment le niveau de qualité sur leur réseau et de préserver au mieux cette diversité de contenus, les FAI peuvent prendre à leur charge l'intégralité du coût de congestion et redimensionner les réseaux. Mais lorsque la concurrence est exacerbée sur le marché de l'accès à Internet, les FAI ne peuvent *a priori* pas répercuter cette hausse de coûts sur le prix des abonnements

¹²⁵ Ce coût peut être compris, par exemple, comme la dégradation de la qualité du contenu ou encore du temps de chargement

Internet.

Pour compenser les coûts de congestion supportés par les FAI, qui se traduisent notamment par des investissements dans les infrastructures, ces derniers pourraient capter une part plus importante de la valeur générée sur Internet afin d'améliorer le rendement de leurs actifs. À cet égard, le PDG d'AT&T déclarait en 2005 : *“Now what [content providers] would like to do use my pipes free, but I ain't going to let them do that because we have spent this capital and we have to have a return on it”* (cité dans Krämer, Wiewiorra, et Weinhardt, 2013).

Cette velléité des FAI à capter une partie du surplus des fournisseurs de contenus a relancé le débat autour de la neutralité du net (NN). La littérature économique étudie essentiellement les effets de la NN sur le surplus des acteurs du marché de l'Internet, les investissements et sur la diversité et l'innovation des contenus. Le non-respect du principe de la NN donne la possibilité aux FAI, dans un premier cas, d'appliquer un tarif de terminaison de données, dans un second cas, de vendre aux FC une priorisation de leurs contenus.

Les modèles qui ont été réalisés dans le premier cas s'appuient sur la théorie des marchés bifaces. Economides et Tåg (2012) et Njoroge et al. (2012) étudient, en l'absence de la NN, l'effet de l'introduction d'un tarif de terminaison de données sur les surplus des acteurs du marché (consommateurs, FC et FAI). En fait, il semble que les effets varient fortement en fonction de la structure de marché. À cet égard, Economides et Tåg (2012) montrent que le non-respect du principe de la NN peut réduire les profits des FAI en situation de duopole du fait d'une concurrence en prix exacerbée. En effet, chaque FAI est en mesure d'augmenter sa part de marché en appliquant un faible tarif de terminaison de données du côté des fournisseurs de contenus.

Les modèles développés dans le second cas, où les FAI sont en mesure de prioriser certains contenus sur leur réseau, intègrent les effets de la congestion. La retranscription de ces effets peut se faire au travers de modèles de queue (Choi et Kim 2010 et Cheng, Bandyopadhyay et Guo 2010) ou au travers d'une allocation de la bande passante entre les FC (Economides et Hermalin 2012b).

Choi et Kim (2010) démontrent qu'en l'absence de la NN, le profit du FAI peut augmenter avec le niveau de congestion. Ainsi, le FAI n'a plus intérêt à limiter la congestion et investir dans les capacités tant que les recettes tirées de la priorisation auprès des FC sont supérieures aux pertes de recettes du côté des consommateurs liées à la dégradation de la qualité de service.

Ce risque de dégradation de la qualité de service pour les consommateurs est notamment avancé par les régulateurs tels que la Federal Communications Commission aux États-Unis (Federal Communications Commission 2009). Certains pays ont alors défini un nouveau cadre législatif en vue de protéger les consommateurs tout en assurant un minimum de flexibilité pour les FAI. Ces derniers doivent en effet avoir la capacité nécessaire d'investir dans de nouvelles technologies de réseaux.

En Europe, le compromis du 27 octobre 2015 atteint par le trilogue (Commission Européenne, Parlement Européen, Conseil de l'Europe) vise justement à encadrer les pratiques des FAI¹²⁶. La gestion de trafic, quoique nécessaire pour l'optimisation des réseaux en période de congestion, doit être transparente, non discriminatoire et proportionnée et ne doit pas non plus être source de revenus. À l'intérieur de l'Internet soumis au régime du *Best-Effort*, tous les contenus arrivant sur le réseau doivent être traités de manière indifférenciée quelle que soit leur nature, leur destination ou leur source. Certains services spécialisés, à l'extérieur du périmètre de l'Internet (soumis au régime du *Best-Effort*), sont toutefois autorisés dans la limite qu'ils n'affectent pas la qualité de service au sein de l'Internet.

L'apparition des bloqueurs de publicités, vers un nouvel environnement économique ?

Les logiciels bloqueurs de publicités constituent un nouvel acteur économique important sur le marché de l'Internet depuis fin-2012. Ces derniers remettent en question le modèle économique de nombreux fournisseurs de contenus sur Internet et semblent dans le même temps constituer une opportunité nouvelle pour les FAI afin de maîtriser les coûts de congestion.

Le taux d'adoption de nombreux logiciels bloqueurs de publicités tels que Adblock Plus, Disconnect, Ghostery, ou encore Privacy Badger s'est fortement accéléré ces trois dernières années. En l'espace de seulement une année, entre le deuxième trimestre de 2014 et le deuxième trimestre de 2015, le nombre total d'utilisateurs de bloqueurs de publicités a augmenté au niveau mondial de 41%. Au mois de juin 2015, le nombre total d'utilisateurs a ainsi atteint 198 millions de personnes¹²⁷.

Parmi les premières raisons qui amènent les individus à utiliser un bloqueur de publicités, 50% des utilisateurs Américains indiquaient en 2015 qu'ils souhaitaient en premier lieu éviter que des données personnelles soient utilisées à des fins de ciblage publicitaire et 40% d'entre eux souhaitaient diminuer leur exposition aux publicités.

Au même titre que les fournisseurs de contenus, les bloqueurs de publicités sont des plateformes en ce sens qu'ils peuvent se financer sur l'une des deux faces du marché – celle des fournisseurs de contenus et/ou celle des consommateurs. Par exemple, la société allemande Eyeo à l'origine d'Adblock Plus tire seulement ses revenus des fournisseurs de contenus. En effet, la plupart des fournisseurs peuvent être exemptés du blocage publicitaire en faisant partie de la liste blanche d'Adblock Plus dès lors que leurs publicités ne gênent pas de manière excessive le consommateur.

¹²⁶ <https://ec.europa.eu/digital-agenda/en/news/new-rules-roaming-charges-and-open-internet>,
<http://ec.europa.eu/digital-agenda/en/node/67489/#open-internet>

¹²⁷ http://downloads.pagefair.com/reports/2015_report-the_cost_of_ad_blocking.pdf

Par contre, 10% des plus importants fournisseurs de contenus sur le marché publicitaire, dont parmi eux Google, Microsoft ou encore Amazon, doivent payer pour appartenir à cette liste. Ce coût peut représenter jusqu'à 30% de leurs recettes publicitaires¹²⁸. Ghostery quant à lui tire des revenus de la vente de données aux fournisseurs de contenus. À l'inverse, Disconnect tire ses recettes de l'autre face du marché, celle des consommateurs grâce à la vente de services *premiums*.

Les profits des fournisseurs de contenus financés par la publicité sont de fait affectés par l'arrivée des bloqueurs de publicités. En 2014, les pertes de recettes publicitaires inhérentes au blocage publicitaire s'élevaient à 5,8 milliards de dollars aux États-Unis et devraient atteindre 20,3 milliards de dollars en 2016.

Individuellement, les fournisseurs peuvent malgré tout éviter le blocage de leurs publicités en faisant partie des listes blanches mais cela est coûteux. D'une part, les plus grands FC doivent payer des frais d'inscription. D'autre part, les FC doivent supporter un manque à gagner car l'adhésion à la liste blanche d'Adblock Plus est conditionnée par un cahier des charges bien précis. En effet, les publicités ne peuvent ni être dynamiques ni dépasser une certaine taille. Elles doivent aussi respecter des codes couleurs et se positionner à certains endroits des pages Internet pour ne pas entraver la bonne lecture des individus¹²⁹.

Les fournisseurs de contenus contestent la légalité d'un tel système que Randall Rothenburg, président de l'Interactive Advertising Bureau (IAB), qualifie même d'immoral et contraire à l'éthique¹³⁰. En effet, pour certains, le modèle économique d'Ad-block Plus ne reposerait que sur une forme de « racket »¹³¹. Des entreprises comme l'éditeur allemand Axel Springer ou encore les journaux allemands Handelsblatt and Die Zeit ont porté plainte sans pour autant obtenir gain de cause. Les juges ont considéré que les utilisateurs devaient rester libres d'arbitrer entre ce qu'ils veulent voir et ce qu'ils ne veulent pas voir. Depuis, aucun autre fournisseur de contenus ni association regroupant éditeurs et fournisseurs de contenus n'ont pris la décision d'attaquer en justice Ad-block Plus ou un autre bloqueur de publicités.

Pour l'heure, les fournisseurs de contenus doivent s'adapter et inventer de nouveaux modèles

¹²⁸ <https://adblockplus.org/fr/about>

¹²⁹ <https://adblockplus.org/fr/acceptable-ads#criteria-general>

¹³⁰ <http://www.presse-citron.net/cest-la-guerre-entre-liab-et-adblock-plus/>

¹³¹ http://www.lemonde.fr/pixels/article/2015/09/24/la-grande-guerre-des-bloqueurs-de-publicite_4769452_4408996.html

économiques. Certains sites, tels que Forbes¹³², ou Bild appartenant au groupe allemand Axel Springer, ont décidé de limiter l'accès à leurs contenus pour les usagers qui ne désactivent pas leur bloqueur de publicités¹³³. Pour Bild, cette expérience s'est traduite par le report d'un tiers de sa demande et d'un faible taux d'adoption de son offre payante¹³⁴. Pour éviter cet effet pervers, les fournisseurs de contenus membres de l'association française Geste ont tenté au cours du premier trimestre de 2016 de limiter collectivement l'accès aux consommateurs utilisant un bloqueur de publicité¹³⁵.

Une autre solution consiste à faire davantage financer la création de contenus par les consommateurs. Le passage d'un modèle gratuit à un modèle payant semble être privilégié par nombre de fournisseurs de contenus¹³⁶. Le nouvel abonnement YouTube Red à 9,99 dollars par mois, qui propose un service sans publicités et une offre plus riche de contenus exclusifs¹³⁷, semble être une réponse directe aux bloqueurs de publicités.

Les fournisseurs de contenus qui peuvent compter sur une faible élasticité-prix de la demande semblent *a priori* mieux armés pour faire face à cette nouvelle problématique. En tout état de cause, il est raisonnable de penser qu'un grand nombre de fournisseurs de contenus resteront plus ou moins dépendants des bloqueurs de publicités. En effet, certains consommateurs sont particulièrement averses à la publicité et tous ne sont pas prêts à souscrire à un abonnement. Par conséquent, les sites qui conditionnent l'accès à leurs contenus à la désactivation du bloqueur de publicités ou à la souscription à un abonnement encourent le risque d'un report significatif de la demande.

Les fournisseurs de contenus dont le taux d'attrition est élevé resteront donc dépendants des bloqueurs de publicités. Parmi eux, certains ne seront pas en mesure de supporter le coût additionnel des frais d'inscription sur les listes blanches. En conséquence, si l'utilisation d'un bloqueur de publicités

¹³² <http://www.forbes.com/forbes/welcome/>

¹³³ <http://digiday.com/publishers/forbes-ad-blocking/>

¹³⁴ <http://www.bild.de/wa/II/bild-de/unangemeldet-42925516.bild.html> , <http://www.generation-nt.com/bloqueur-publicite-adblock-geste-actualite-1922990.html>

¹³⁵ <http://www.journaldugeek.com/2015/12/24/geste-presse-francaise-action-commune-adblockers/> , <http://www.lefigaro.fr/flash-actu/2016/03/21/97001-20160321FILWWW00297-operation-contre-les-bloqueurs-de-publicite.php>

¹³⁶ <http://www.igen.fr/ailleurs/2015/11/youtube-red-sera-t-il-une-reponse-payante-contre-adblock-93659>

¹³⁷ <http://www.metronews.fr/high-tech/youtube-payant-l-abonnement-red-a-9-99-euros-ca-vaut-le-coup/mojv!RfUNQv1isfzi2/>

améliore le confort de navigation de chaque consommateur, une utilisation généralisée pourrait affecter la diversité des contenus et ainsi l'utilité que les consommateurs retirent de l'accès à Internet. Cette problématique fait déjà l'objet d'un débat parmi les hommes et femmes politiques. La question soulevée par exemple par Mme Catherine Morin-Desailly à Mme la secrétaire d'État en octobre 2015 met justement en lumière les craintes actuelles d'un délitement de la diversité des contenus disponibles sur Internet du fait des bloqueurs de publicités (voir en Annexe la Question écrite n° 18392 de Mme Catherine Morin-Desailly (Seine-Maritime - UDI-UC), publiée dans le JO Sénat du 22/10/2015 - page 2484).

Toutefois, les effets des bloqueurs de publicités sur le bien-être collectif demeurent ambigus. Ces derniers désencombrent les réseaux et augmentent ainsi le niveau moyen de la qualité de service de l'accès à Internet. Certains FAI peuvent donc avoir intérêt à bloquer les publicités sur leur réseau. À cet égard, en 2013, l'opérateur Free bloquait par défaut la publicité à destination de ses abonnés. À l'heure actuelle, cette fonctionnalité est toujours disponible mais il revient au consommateur d'activer l'option de blocage publicitaire. Aussi, l'opérateur bloquait jusqu'alors les *spams* (pourriels en français) provenant de la firme Buzzee à destination des boîtes mail de ses abonnés, arguant que « les spams encombrant inutilement les réseaux de télécommunications et, par leur volume croissant, rendent plus difficile, ou plus coûteux, le maintien de la continuité et de la qualité de service que lui impose le code des postes et communications électroniques »¹³⁸. Cette pratique lui a pourtant valu une condamnation en Janvier 2016 par le Tribunal de Commerce Français.

D'après le *Financial Times*, en 2015, plusieurs opérateurs mobiles auraient eux aussi eu l'intention d'activer par défaut, à la manière de Free en 2013, un logiciel bloqueur de publicités sur leurs serveurs¹³⁹. L'intérêt de tels bloqueurs de publicités aurait été à la fois de désengorger les réseaux mais peut-être aussi d'accaparer des revenus du côté des fournisseurs de contenus¹⁴⁰. Néanmoins, de tels bloqueurs de publicités devraient toujours être considérés comme illégaux et contraires au principe de la Neutralité du Net par les instances judiciaires tant qu'ils seront activés par défaut par les FAI. En revanche, rien ne semble empêcher les FAI de promouvoir leur bloqueur de publicités activable uniquement par les abonnés.

¹³⁸ <http://www.journaldugeek.com/2016/01/27/free-condamne-pour-son-filtre-anti-spam/>

¹³⁹ <http://www.igen.fr/telecoms/2015/05/les-operateurs-voudraient-bloquer-les-publicites-mobiles-91230>

¹⁴⁰ Les opérateurs proposent de distribuer les publicités en échange d'une rémunération

Essai 4 Un modèle économique pour analyser l'effet des bloqueurs de publicités

1 Résumé

Internet permet aux individus d'accéder librement à de nombreux contenus en ligne. Un nombre important de ces contenus sont financés par la publicité. Le développement et l'utilisation croissante des bloqueurs de publicités obligent les fournisseurs de contenus financés par la publicité à trouver de nouvelles sources de financement, notamment du côté des consommateurs.

Un modèle simple est proposé afin d'analyser les effets du développement des bloqueurs de publicités sur le marché de l'Internet. Dans ce modèle, un fournisseur d'accès à Internet (FAI) offre aux consommateurs un abonnement qui leur donne accès à l'ensemble des contenus payants et gratuits sur le réseau. La publicité en ligne induit des effets opposés : d'une part, elle permet de financer de nombreux contenus et entretient donc la diversité des contenus sur Internet, d'autre part, les contenus publicitaires engendrent de la congestion sur le réseau.

Les consommateurs sont supposés averses à la publicité de sorte qu'ils sont tous incités à utiliser le logiciel bloqueur de publicités qui leur est offert gratuitement. Dans ce nouveau contexte, les fournisseurs de contenus ne sont plus en mesure de dégager des recettes publicitaires à moins de payer le bloqueur de publicités un prix forfaitaire pour être inscrit sur la liste blanche des sites exemptés du blocage publicitaire. Les fournisseurs en mesure de supporter ce surcoût peuvent soit maintenir leur offre de contenus gratuits, soit trouver plus profitable de passer au modèle payant. Les autres, qui ne peuvent pas supporter un tel surcoût, sont évincés du marché des contenus.

Il est démontré que le FAI est toujours incité à intégrer le bloqueur de publicités car il internalise à la fois les gains de coûts de congestion liés à la réduction du nombre de contenus publicitaires et les pertes de recettes des abonnements Internet à cause de la diminution de la diversité des contenus. Il est démontré que l'intégration est socialement désirable lorsque les effets marginaux du blocage publicitaire sur l'accès à Internet sont négatifs ou bien lorsqu'ils sont significativement positifs.

2 Introduction

Un modèle théorique est proposé pour étudier les effets de l'introduction d'un bloqueur de publicités sur le marché des contenus ainsi que sur le marché de l'accès à Internet lorsque la publicité engendre des coûts de congestion sur le réseau.

À la section 3 est présenté un modèle simple qui représente la situation sur le marché de l'Internet en l'absence de bloqueurs de publicités. L'accès à Internet est supposé offert par un FAI en situation de monopole. Les consommateurs quant à eux valorisent d'autant plus l'accès à Internet qu'il existe un nombre important de contenus payants ou gratuits sur le réseau. Les proportions de contenus gratuits et payants sont supposées endogènes au modèle car les fournisseurs de contenus arbitrent entre le modèle économique du gratuit et du payant.

À la section 4 est intégrée au modèle théorique une entreprise offrant gratuitement aux consommateurs un logiciel bloqueur de publicités. Dans ce nouveau contexte, les fournisseurs de contenus doivent payer le bloqueur de publicités pour être inscrit sur sa liste blanche et ainsi continuer à diffuser leurs publicités auprès du consommateur final. Le modèle prédit divers effets sur le marché des contenus gratuits. Les fournisseurs dans l'incapacité de supporter le coût supplémentaire imputable au bloqueur de publicités sont évincés du marché. Parmi les fournisseurs en mesure de supporter le surcoût imposé par le bloqueur de publicités, certains maintiennent leur offre de contenus gratuits alors que d'autres préfèrent migrer vers le modèle payant. Au niveau de l'accès à Internet, les effets sont mitigés. D'une part, l'arrivée du bloqueur affecte négativement la diversité des contenus et donc la disposition à payer des consommateurs pour l'accès au réseau. D'autre part, les blocages publicitaires permettent de réduire le coût de congestion supporté par le FAI.

À la section 5, il est démontré que le FAI a toujours intérêt à intégrer le bloqueur de publicités pour optimiser le niveau de congestion sur son réseau. L'effet de cette intégration sur le prix du bloqueur de publicités (compris comme le coût d'inscription sur la liste blanche) est indéterminé. Celui-ci s'élève si les gains en termes de coûts de congestion lorsqu'un contenu gratuit n'est plus disponible sur le réseau compensent les pertes de recettes des abonnements Internet inhérentes à la réduction du degré de diversité des contenus.

À la section 6, les équilibres de marchés obtenus sont évalués en termes de bien-être collectif. Il est expliqué pourquoi les équilibres de marché ne correspondent généralement pas à l'optimum social

même dans la situation où le FAI intègre le bloqueur de publicités et internalise les effets sur son réseau du blocage publicitaire. Enfin, une régulation incitative est proposée afin d'aboutir à un équilibre de second-rang préférable aux équilibres de marché.

3 Le marché de l'Internet en l'absence de logiciels bloqueurs de publicités

Les fournisseurs présents sur le marché des contenus choisissent soit le modèle payant, soit le modèle gratuit pour financer leur activité. Ceux qui choisissent le modèle gratuit proposent des contenus en libre accès pour les consommateurs. La publicité attachée à ces contenus gratuits est l'unique source de revenus pour ces fournisseurs de contenus. Du côté du FAI, la publicité est source de congestion sur son réseau. Les autres fournisseurs qui choisissent le modèle payant vendent des accès *premium* sans publicités aux consommateurs.

3.1 La demande de contenus

Chaque fournisseur ou ensemble de fournisseurs de contenus de type θ distribue un contenu (gratuit ou payant). Tous les contenus proposés par les fournisseurs sont supposés homogènes du point de vue du consommateur car le niveau d'utilité procuré par la consommation des contenus est supposé indépendant du type de contenus θ . On suppose deux fonctions d'utilités distinctes pour les contenus payants et les contenus gratuits. L'utilité procurée par la consommation de contenus payants dépend négativement d'un prix de souscription, noté p . L'utilité procurée par la consommation de contenus gratuits dépend négativement d'un paramètre t représentant le désagrément causé par la publicité. L'utilité marginale du revenu est supposée supérieure à la désutilité marginale de la publicité ($t < p$). Par ailleurs, les consommateurs de contenus se différencient à travers leur consentement à payer ou l'utilité directe, notée α , qu'ils retirent de la consommation d'un contenu payant ou gratuit. Les consentements à payer des consommateurs sont supposés distribués linéairement sur l'intervalle $[0, \bar{\alpha}]$, où $\bar{\alpha}$ représente le consentement à payer maximal parmi l'ensemble des consommateurs. Les fonctions d'utilité individuelles d'un consommateur de type α pour un contenu gratuit et un contenu payant s'écrivent respectivement U_A et U_S :

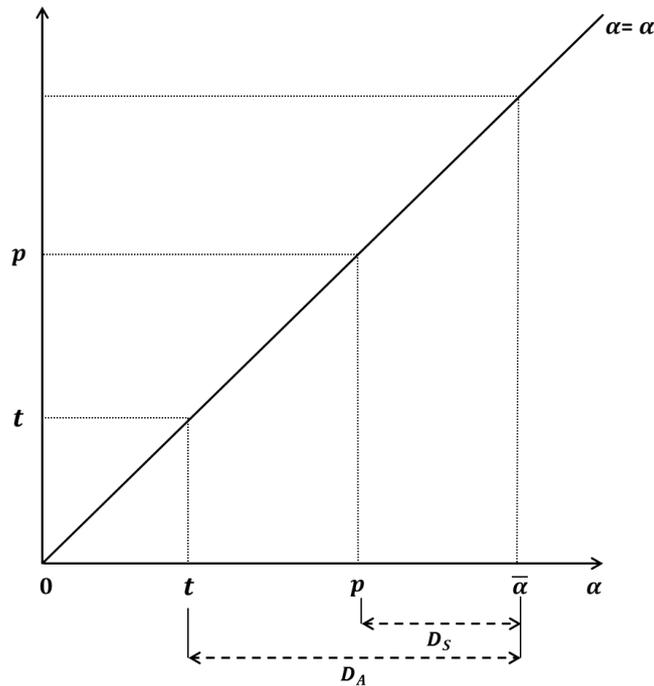
$$\begin{aligned} U_A &= \alpha - t \\ U_S &= \alpha - p \end{aligned} \tag{1}$$

Les consommateurs sont supposés consommer des contenus tant que l'utilité retirée est supérieure ou égale à zéro. Comme illustré au Graphique 30, la demande totale pour les contenus gratuits et payants D_A et D_S se déduisent comme suit :

$$D_A = \bar{\alpha} - t$$

$$D_S = \bar{\alpha} - p$$
(2)

Graphique 30 : Demande pour les contenus gratuits et payants



Condition 1 : la demande pour les contenus gratuits est strictement supérieure à zéro : $D_A = \bar{\alpha} - t > 0$.

3.2 Les fournisseurs de contenus

Les fournisseurs de contenus sont supposés uniformément distribués sur l'intervalle $[\underline{\theta}, \bar{\theta}]$. La dernière entreprise de type $\bar{\theta}$ à rentrer sur le marché retire un profit nul et le nombre total d'entreprises présentes sur le marché, noté Δ_θ , est égal à $\bar{\theta} - \underline{\theta}$.

Les fournisseurs de contenus ont le choix entre deux modèles économiques, le payant basé sur la souscription (S) et le gratuit basé sur la publicité (A).

À la manière de Reggiani et Valletti (2016), les fournisseurs de contenus subissent un coût fixe qui diminue avec le degré d'efficacité de la firme. Ici, à degré d'efficacité donné, il est supposé que le modèle payant induit un surcoût à l'entrée relativement au modèle gratuit. Le coût fixe d'entrée sur le marché des contenus payants et gratuits sont respectivement égaux à $\eta_S \theta$ et $\eta_A \theta$, avec $\eta_S > \eta_A$. La différence $\eta_S - \eta_A$ est notée Δ_η . Le coût fixe augmente donc avec le type d'entreprise θ et il est toujours plus coûteux pour une entreprise de type θ de choisir le modèle économique payant plutôt que le modèle gratuit.

Les fonctions de profit pour l'entreprise de type θ des modèles payants et gratuits s'écrivent

respectivement comme suit :

$$\begin{aligned}\pi_{\theta}^S &= pD_S - \eta_S\theta = p(\bar{\alpha} - p) - \eta_S\theta \\ \pi_{\theta}^A &= aD_A - \eta_A\theta = a(\bar{\alpha} - t) - \eta_A\theta\end{aligned}\quad (3)$$

avec p le prix de vente de l'abonnement aux consommateurs et $a > 0$ la recette publicitaire par unité de demande.

Si l'entreprise de type θ choisit le modèle payant, alors elle fixe le prix p^* qui maximise son profit π_{θ}^S :

$$\begin{aligned}\max_p \pi_{\theta}^S &= \max_p pD_S - \eta_S\theta \\ \frac{d\pi_{\theta}^S}{dp} &= D_S + D'_Sp = \bar{\alpha} - 2p = 0\end{aligned}\quad (4)$$

Le prix d'équilibre s'écrit comme suit :

$$p^* = \frac{\bar{\alpha}}{2}\quad (5)$$

La condition de second d'ordre s'exprime comme suit :

$$\frac{d^2\pi_{\theta}^S}{dp^2} = -2 < 0\quad (6)$$

La demande d'équilibre de contenus payants pour l'entreprise de type θ se déduit comme suit :

$$\begin{aligned}D_S^* &= \bar{\alpha} - p^* = \bar{\alpha} - \frac{\bar{\alpha}}{2} \\ D_S^* &= \frac{\bar{\alpha}}{2}\end{aligned}\quad (7)$$

Le profit d'équilibre de l'entreprise de type θ généré avec le modèle payant s'exprime comme suit :

$$\pi_{\theta}^{S*} = \frac{\bar{\alpha}^2}{4} - \eta_S\theta\quad (8)$$

Le profit généré avec le modèle payant est naturellement décroissant avec le type θ du fournisseur de contenus.

Le fournisseur de type θ choisit le modèle payant si le profit qu'il en retire est supérieur à celui qu'il retirerait avec le modèle gratuit. Puisque $\eta_S > \eta_A$, la condition $\pi_{\theta=\underline{\theta}}^{S*} > \pi_{\theta=\underline{\theta}}^{A*}$ assure l'existence du segment des contenus payants.

Condition 2 : Existence du segment des contenus payants.

L'entreprise la plus efficiente (de type $\underline{\theta}$) n'est pas incitée à offrir des contenus gratuits, la contrainte suivante doit donc être respectée :

$$\begin{aligned}\pi_{\theta=\underline{\theta}}^{S*} &> \pi_{\theta=\underline{\theta}}^{A*} > 0 \\ \frac{\bar{\alpha}^2}{4} - \eta_S\underline{\theta} &> aD_A - \eta_A\underline{\theta} > 0\end{aligned}$$

$$0 < a < \bar{a}$$

$$\text{avec } \bar{a} = \frac{\bar{\alpha}^2 - \Delta\eta\bar{\theta}}{D_A}.$$

Condition 3 : Existence du segment des contenus gratuits.

Les contraintes de participation et d'incitation qui s'imposent à l'entreprise la moins efficace, c'est-à-dire de type $\bar{\theta}$, doivent garantir l'existence du segment des contenus gratuits. Ainsi, les contraintes suivantes doivent être satisfaites :

$$\begin{aligned} \pi_{\theta=\bar{\theta}}^A &\geq 0 \\ \pi_{\theta=\bar{\theta}}^A &> \pi_{\theta=\bar{\theta}}^S \end{aligned}$$

La contrainte $\pi_{\theta=\bar{\theta}}^A \geq 0$ étant saturée à l'équilibre, l'entreprise la moins efficace est incitée à choisir le modèle gratuit si elle réalise un profit négatif dans le cas où elle offrirait des contenus payants :

$$\begin{aligned} \pi_{\theta=\bar{\theta}}^S &< 0 \\ \frac{\bar{\alpha}^2}{4\eta_s} &< \bar{\theta} \\ \frac{\bar{\alpha}^2}{4\eta_s} &< \frac{aD_A}{\eta_A} \\ \frac{\eta_a\bar{\alpha}^2}{4\eta_s D_A} &< a \\ \underline{a} &< a \end{aligned}$$

Finalement, la condition $\underline{a} < a$, où $\underline{a} = \frac{\eta_a\bar{\alpha}^2}{4\eta_s D_A}$, satisfait les contraintes de participation et d'incitation de l'entreprise la moins efficace et garantit l'existence du segment des contenus gratuits sur le marché.

Proposition 4 : il existe une unique entreprise de type $\tilde{\theta} \in]\underline{\theta}; \bar{\theta}[$, avec $\tilde{\theta} = \frac{\bar{\alpha}^2 - aD_A}{\Delta\eta}$, indifférente entre le modèle gratuit et payant ($\exists! \tilde{\theta} / \pi_{\theta=\tilde{\theta}}^S = \pi_{\theta=\tilde{\theta}}^A > 0$). Il existe un nombre fini d'entreprises de type θ , $\forall \theta \in [\underline{\theta}; \tilde{\theta}[$, qui proposent des contenus payants. Inversement, il existe un nombre fini d'entreprises de type θ , $\forall \theta \in]\tilde{\theta}; \bar{\theta}[$, qui proposent des contenus gratuits.

$$\pi_{\theta} = \begin{cases} \pi_{\theta}^S > \pi_{\theta}^A, & \forall \theta \in [\underline{\theta}; \tilde{\theta}[\\ \pi_{\theta}^A > \pi_{\theta}^S, & \forall \theta \in]\tilde{\theta}; \bar{\theta}] \end{cases} \quad (9)$$

Le type $\tilde{\theta}$ de la dernière entreprise qui choisit le modèle payant est solution de l'équation suivante :

$$\pi_{\tilde{\theta}}^{*S} - \pi_{\tilde{\theta}}^{*A} = \frac{\bar{\alpha}^2}{4} - aD_A - \tilde{\theta}\Delta\eta = 0$$

La solution s'écrit :

$$\tilde{\theta} = \frac{\frac{\bar{\alpha}^2}{4} - aD_A}{\Delta_\eta} \quad (10)$$

Sous la Condition 2 et la Condition 3, l'intervalle de a se déduit comme suit :

$$\frac{\bar{\alpha}^2 \eta_a}{4\eta_s D^a} < a < \frac{\frac{\bar{\alpha}^2}{4} - \Delta_\eta \underline{\theta}}{D^a} \quad (11)$$

$$\underline{a} < a < \bar{a}$$

Condition 4 : la borne supérieure \bar{a} est toujours strictement supérieure à la borne inférieure \underline{a} , ce qui donne :

$$0 \leq \frac{\bar{\alpha}^2 \eta_a}{4\eta_s D^a} < \frac{\frac{\bar{\alpha}^2}{4} - \Delta_\eta \underline{\theta}}{D^a}$$

$$0 \leq \frac{\bar{\alpha}^2 \eta_a}{4\eta_s} < \frac{\bar{\alpha}^2}{4} - \Delta_\eta \underline{\theta}$$

$$0 \leq \underline{\theta} < \frac{\bar{\alpha}^2}{4\eta_s}$$

La dernière entreprise à rentrer sur le marché propose des contenus gratuits, ce qui donne :

$$\bar{\theta} = \frac{aD_A}{\eta_A} \quad (12)$$

Le nombre total de fournisseurs de contenus présents sur le marché ainsi que le nombre total de ceux qui choisissent le modèle payant et gratuit s'écrit alors comme suit :

$$\Delta_\theta = \frac{aD_A}{\eta_A} - \underline{\theta} \quad (13)$$

$$\tilde{\Delta}_\theta = \frac{\frac{\bar{\alpha}^2}{4} - aD_A}{\Delta_\eta} - \underline{\theta} \quad (14)$$

$$\bar{\Delta}_\theta = \frac{aD_A \eta_s - \eta_A \left(\frac{\bar{\alpha}^2}{4} \right)}{\eta_A \Delta_\eta} = aD_A \phi - \frac{\bar{\alpha}^2}{4\Delta_\eta} \quad (15)$$

avec $\Delta_\theta = \bar{\theta} - \underline{\theta}$, $\tilde{\Delta}_\theta = \tilde{\theta} - \underline{\theta}$, $\bar{\Delta}_\theta = \bar{\theta} - \tilde{\theta}$ et $\phi = \frac{\eta_s}{\eta_A \Delta_\eta}$. Remarquons que nous pouvons facilement vérifier l'égalité suivante : $\Delta_\theta = \tilde{\Delta}_\theta + \bar{\Delta}_\theta$.

3.3 La demande d'accès à Internet

L'accès à Internet est supposé offert par un FAI en situation de monopole. La demande d'accès à Internet adressée au FAI par les consommateurs de contenus augmente avec le degré de diversité des

contenus (taille totale du marché des contenus égal à $[\underline{\theta}; \bar{\theta}]$) et diminue avec le prix de l'accès au réseau fixé par le FAI (prix de souscription).

Pour consommer des contenus, les individus doivent payer un abonnement Internet au FAI. La demande potentielle d'accès à Internet correspond à la demande totale pour les contenus, c'est-à-dire à D_A . En effet, l'inégalité $D_A > D_S$ implique que la demande de contenus gratuits contient au moins la demande de contenus payants car les consommateurs de contenus payants consomment aussi des contenus gratuits. À l'inverse, les individus avec un consentement à payer α relativement faible ne consomment que des contenus gratuits (voir Graphique 30).

La fonction d'utilité de l'accès à Internet pour tous les consommateurs se définit comme suit :

$$U_{FAI} = \beta + \psi \Delta_\theta - f \quad (16)$$

avec f le prix d'accès à Internet, $\beta > 0$ l'utilité directe de l'accès et ψ un terme positif représentant la préférence individuelle pour la diversité des contenus proposés sur Internet, avec Δ_θ le nombre total de fournisseurs de contenus présents sur Internet.

Les abonnements Internet génèrent une recette totale pour le FAI égale à $f D_A$. En outre, la diffusion des contenus au sens strict et de la publicité attachée aux contenus gratuits génèrent un coût de congestion sur le réseau. Sans perte de généralité, le coût de congestion lié à la distribution des contenus au sens strict est normalisé à zéro. Le coût de congestion des contenus payants, sans publicité, est donc nul. Seuls les contenus gratuits créent de la congestion à cause de la publicité attachée à ces contenus. Il est rappelé que le nombre de contenus gratuits consommés sur le réseau est égal à $D_A \bar{\Delta}_\theta$. Le profit du FAI peut alors s'exprimer comme suit :

$$\pi^{FAI*} = D_A (f - c \bar{\Delta}_\theta) \quad (17)$$

avec c le coût de congestion par unité de contenu gratuit consommée sur le réseau.

Le FAI maximise son profit en fixant un prix de l'abonnement f^* égal à $\beta + \psi \Delta_\theta$. En d'autres termes, le FAI s'accapare l'ensemble du surplus des consommateurs pour l'accès à Internet. Il reste à vérifier que le profit d'équilibre est supérieur ou égale à zéro.

Condition 5 : $\pi^{FAI*} \geq 0 \Leftrightarrow \frac{\beta + \psi \Delta_\theta}{\bar{\Delta}_\theta} \geq c$

4 Introduction d'un logiciel bloqueur de publicités

Dans cette partie, un bloqueur de publicité est intégré au marché de l'Internet. Celui-ci offre gratuitement aux consommateurs la possibilité de filtrer les publicités attachées aux contenus gratuits. L'ensemble des utilisateurs sont supposés utiliser le logiciel bloqueur de publicité car il améliore leur confort de navigation sur Internet. Le bloqueur de publicités offre aux fournisseurs de contenus gratuits « un laisser-passer »¹⁴¹ afin qu'ils puissent acheminer jusqu'au consommateur final leurs contenus publicitaires.

4.1 Les fournisseurs de contenus

Les fournisseurs de contenus souhaitant maintenir leur offre de contenus gratuits doivent payer au bloqueur de publicité une somme forfaitaire d'un montant q , avec $q > 0$, de sorte que les publicités présentes sur ces contenus gratuits puissent être visionnées par les consommateurs. Les nouvelles fonctions de profit des fournisseurs de contenus payants et gratuits s'écrivent respectivement comme suit :

$$\pi_{\theta}^S = pD_S - \eta_S \theta \quad \forall \theta \in [\underline{\theta}; \tilde{\theta}_q] \quad (18)$$

$$\pi_{\theta}^A = aD_A - \eta_A \theta - q \quad \forall \theta \in [\tilde{\theta}_q; \bar{\theta}_q] \quad (19)$$

où $\tilde{\theta}_q$ correspond au type de fournisseur indifférent entre offrir des contenus gratuits et des contenus payants dans ce nouveau contexte (avec l'introduction du logiciel bloqueur de publicités).

Afin d'assurer l'existence des équilibres, les conditions explicitées dans la section 3 doivent être à nouveau vérifiées.

Comme précédemment, pour assurer l'existence du segment des contenus payants, l'entreprise la plus efficace ne doit pas être incitée à offrir des contenus gratuits, la contrainte suivante doit donc être respectée :

$$\pi_{\underline{\theta}=\underline{\theta}}^{S*} > \pi_{\underline{\theta}=\underline{\theta}}^{A*}$$

où $\pi_{\underline{\theta}=\underline{\theta}}^{S*} > 0$ et $\pi_{\underline{\theta}=\underline{\theta}}^{A*} > 0$, ce qui donne :

$$aD_A - \eta_A \underline{\theta} - q < \frac{\bar{\alpha}^2}{4} - \eta_S \underline{\theta}$$

$$a < \frac{\frac{\bar{\alpha}^2}{4} - \underline{\theta} \Delta_{\eta} + q}{D_A}$$

¹⁴¹ Ce « laisser-passer » correspond au coût d'inscription sur une liste blanche, telle que proposée par Adblock Plus aux plus importants fournisseurs de contenus.

$$a < \bar{a}_q$$

avec $\bar{a}_q = \bar{a} + \frac{q}{D_A}$ et $\bar{a} = \frac{\bar{\alpha}^2 - \theta \Delta \eta}{4}$. Ainsi, l'entreprise la plus efficace, c'est-à-dire de type $\underline{\theta}$, est incitée à offrir des contenus payants si la contrainte d'incitation $a < \bar{a}_q$ est satisfaite.

De même, les contraintes de participation et d'incitation qui s'imposent à l'entreprise la moins efficace, c'est-à-dire de type $\bar{\theta}_q$, doivent garantir l'existence du segment des contenus gratuits. Ainsi, les contraintes suivantes doivent être satisfaites :

$$\begin{aligned} \pi_{\theta=\bar{\theta}_q}^A &\geq 0 \\ \pi_{\theta=\bar{\theta}_q}^A &> \pi_{\theta=\bar{\theta}_q}^S \end{aligned}$$

La contrainte $\pi_{\theta=\bar{\theta}_q}^A \geq 0$ étant saturée à l'équilibre, l'entreprise la moins efficace doit alors réaliser un profit négatif dans le cas où elle offrirait des contenus payants :

$$\begin{aligned} \pi_{\theta=\bar{\theta}_q}^S &< 0 \\ \frac{\bar{\alpha}^2}{4\eta_s} &< \bar{\theta}_q \\ \frac{\bar{\alpha}^2}{4\eta_s} &< \frac{aD_A - q}{\eta_A} \\ \frac{\eta_A \bar{\alpha}^2}{4\eta_s D_A} + \frac{q}{D_A} &< a \\ \underline{a}_q &< a \end{aligned}$$

avec $\underline{a}_q = \underline{a} + \frac{q}{D_A}$. Finalement, la condition $\underline{a}_q < a$ satisfait les contraintes de participation et d'incitation de l'entreprise la moins efficace et garantit l'existence du segment des contenus gratuits. De plus, les contraintes d'incitation et de participation portant sur l'entreprise la moins efficace et l'entreprise la plus efficace ($\underline{a}_q < a < \bar{a}_q$) associées à la stricte monotonie des fonctions de profit assurent l'existence d'un unique $\tilde{\theta}_q$ tel que $\pi_{\theta=\tilde{\theta}_q}^S = \pi_{\theta=\tilde{\theta}_q}^A > 0$.

Il s'agit maintenant de déterminer le nombre de fournisseurs offrant des contenus payants et le nombre de fournisseurs offrant des contenus gratuits. Comme précédemment, l'entreprise la moins efficace ($\bar{\theta}_q$) ne réalise pas de profit et propose des contenus gratuits tel que :

$$\begin{aligned} \bar{\theta}_q &= \frac{aD_A - q}{\eta_A} \\ \bar{\theta}_q &= \bar{\theta} - \frac{q}{\eta_A} \end{aligned} \tag{20}$$

Il en résulte que le nombre total d'entreprises présentes sur le marché des contenus gratuits diminue

avec l'introduction d'un bloqueur de publicité. Cette diminution est d'autant plus importante que la somme forfaitaire versée au bloqueur de publicités et que le coût fixe lié à la production de contenus gratuits (η_A) sont élevés. Enfin, le degré d'efficacité de l'entreprise indifférente entre offrir des contenus gratuits et payants ($\tilde{\theta}_q$) est solution de l'équation $\pi_{\tilde{\theta}_q}^S = \pi_{\tilde{\theta}_q}^A$. On déduit :

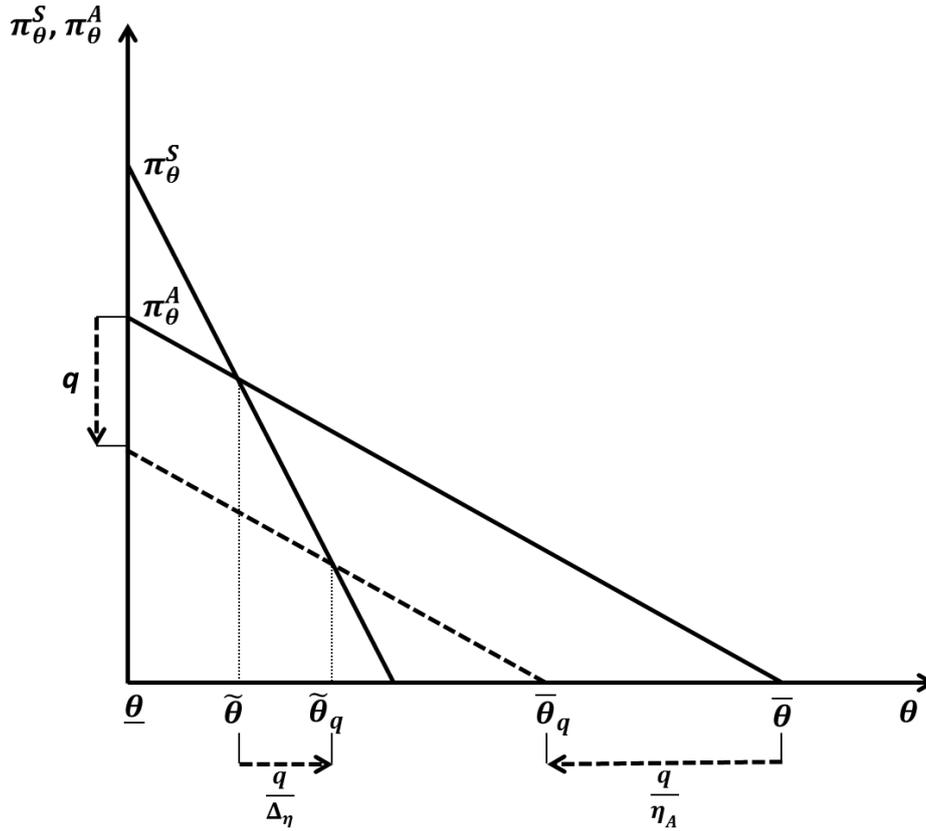
$$\tilde{\theta}_q = \frac{\frac{\bar{\alpha}^2}{4} - aD_A + q}{\Delta_\eta} \quad (21)$$

$$\tilde{\theta}_q = \tilde{\theta} + \frac{q}{\Delta_\eta}$$

Le nombre total d'entreprises fournissant des contenus payants augmente avec l'introduction d'un bloqueur de publicité. En effet, le surcoût associé à l'introduction du bloqueur de publicités incite les plus efficaces fournisseurs de contenus gratuits à offrir des contenus payants. Ce sont donc les fournisseurs de contenus gratuits dont le degré d'efficacité est proche de celui des fournisseurs de contenus payants, tel que $\theta \in [\tilde{\theta}; \tilde{\theta}_q]$, qui sont incités à migrer vers le modèle payant. Le nombre de fournisseurs qui quittent le modèle gratuit au profit du modèle payant est donc d'autant plus élevé que le différentiel de coûts fixes entre les deux modèles (Δ_η) est faible. En d'autres termes, plus le *switching cost*¹⁴² est faible et plus les fournisseurs de contenus gratuits sont incités à offrir des contenus payants plutôt que de supporter le coût supplémentaire causé par le bloqueur de publicités (le coût q pour être enregistré sur la liste blanche du bloqueur de publicités). En revanche, les fournisseurs de contenus gratuits les moins efficaces, tel que $\theta \in [\bar{\theta}_q; \bar{\theta}]$, sont évincés du marché des contenus. Enfin, les fournisseurs dont le degré d'efficacité θ est suffisamment élevé pour ne pas être évincé du marché mais suffisamment faible pour ne pas pouvoir supporter le *switching cost*, tel que $\theta \in [\tilde{\theta}_q; \bar{\theta}_q]$, maintiennent leur offre de contenus gratuits.

¹⁴² coût additionnel à supporter pour passer du modèle gratuit au modèle payant

Graphique 31 : Impact d'un bloqueur de publicité sur le marché de la fourniture de contenus



La variation du nombre d'acteurs présents sur le segment des contenus gratuits suite à l'introduction d'un bloqueur de publicités s'écrit comme suit :

$$\bar{\Delta}_\theta^q - \bar{\Delta}_\theta = -q\phi \quad (22)$$

où $\bar{\Delta}_\theta^q = \bar{\theta}_q - \tilde{\theta}_q$ et $\phi = \frac{\eta_s}{\eta_A \Delta_\eta}$. Le ratio ϕ correspondant à la dérivée de $\bar{\Delta}_\theta^q$ par rapport à q donc à l'attrition du nombre de fournisseurs de contenus gratuits pour toute hausse d'une unité du montant q . Subséquemment, la variation du nombre de fournisseurs de contenus payants s'écrit comme suit :

$$\tilde{\Delta}_\theta^q - \tilde{\Delta}_\theta = \frac{q}{\Delta_\eta} \quad (23)$$

En outre, le nombre de fournisseurs de contenus évincés du marché se déduit comme suit :

$$\Delta_\theta^q - \Delta_\theta = -\frac{q}{\eta_A} \quad (24)$$

4.2 L'offre du bloqueur

Le bloqueur offre aux fournisseurs de contenus gratuits une forme de « laisser-passer » afin que ces derniers puissent continuer à tirer des revenus de la publicité. Or, le nombre de fournisseurs de contenus gratuits dépend du montant q fixé par le bloqueur de publicités. Le programme de maximisation du profit du bloqueur de publicités s'écrit comme suit :

$$\max_q \pi_{AB}^q = q \bar{\Delta}_\theta^q$$

$$\max_q \pi_{AB}^q = q \left(\frac{aD^a - q}{\eta_a} - \frac{\bar{\alpha}^2}{4} - \frac{aD^a + q}{\Delta_\eta} \right)$$

Les conditions du premier ordre donnent :

$$\frac{\partial \pi_{AB}^q}{\partial q} = \bar{\Delta}_\theta^q + \frac{\partial \bar{\Delta}_\theta^q}{\partial q} q \quad (25)$$

$$\frac{\partial \pi_{AB}^q}{\partial q} = (\bar{\Delta}_\theta - q\phi) - q\phi = 0$$

La fonction de profit du bloqueur de publicités étant concave ($\frac{\partial^2 \pi_{AB}^q}{\partial q^2} < 0$), ce dernier augmente le montant q tant que l'effet prix, qui se traduit par la perte associée au report d'une partie de la demande lorsque q augmente, est au moins compensé par l'effet revenu. Pour la suite des calculs et des raisonnements, il paraît plus simple d'analyser les bénéfices et les coûts marginaux des acteurs pour toute augmentation de q égale à $\frac{1}{\phi}$ car une telle variation réduit d'une unité le nombre de contenus gratuits présents sur le réseau. Nous notons dès lors par Bm^{AB} et Cm^{AB} le bénéfice et le coût marginal pour le bloqueur de publicités d'augmenter le prix q de $\frac{1}{\phi}$. À l'équilibre, nous avons :

$$Bm^{AB} = Cm^{AB}$$

$$\frac{\bar{\Delta}_\theta^q}{\phi} = q$$

Le prix d'équilibre, noté q_{AB}^* , fixé par le bloqueur de publicité s'exprime comme suit :

$$q_{AB}^* = \frac{\bar{\Delta}_\theta}{2\phi} \quad (26)$$

$$q_{AB}^* = \frac{1}{2} \left(aD_A - \frac{\bar{\alpha}^2 \eta_A}{4 \eta_S} \right)$$

Il est nécessaire d'imposer une condition de positivité à q_{AB}^* .

Condition 6 : $q_{AB}^* \geq 0 \Leftrightarrow \frac{\bar{\alpha}^2 \eta_A}{4 \eta_S} \leq aD_A$

Le nombre d'acteurs présents sur le segment de la fourniture de contenus gratuits à l'équilibre se déduit comme suit :

$$\bar{\Delta}_\theta^{q_{AB}^*} = \bar{\Delta}_\theta - q_{AB}^* \phi \quad (27)$$

$$\bar{\Delta}_\theta^{q_{AB}^*} = \frac{\bar{\Delta}_\theta}{2}$$

Ainsi, l'introduction d'un bloqueur de publicités réduit de moitié le nombre de fournisseurs proposant

des contenus gratuits. De même, le nombre de fournisseurs de contenus payants s'exprime comme suit :

$$\begin{aligned}\tilde{\Delta}_{\theta}^{q_{AB}^*} &= \tilde{\Delta}_{\theta} + \frac{q_{AB}^*}{\Delta_{\eta}} \\ \bar{\Delta}_{\theta}^{q_{AB}^*} &= \tilde{\Delta}_{\theta} + \frac{\bar{\Delta}_{\theta}}{2\Delta_{\eta}\phi}\end{aligned}\tag{28}$$

Il convient de noter que toute augmentation de q égale à $\frac{1}{\phi}$ réduit d'un contenu gratuit le marché des contenus sur Internet et augmente de $\frac{\eta_A}{\eta_S}$ le nombre de contenus payants (équivalent au nombre de fournisseurs de contenus payants). En effet, nous avons :

$$\begin{aligned}\frac{\partial \bar{\Delta}_{\theta}^q}{\partial q} \frac{1}{\phi} &= -1 \\ \frac{\partial \tilde{\Delta}_{\theta}^q}{\partial q} \frac{1}{\phi} &= \frac{1}{\phi \Delta_{\eta}} = \frac{\eta_A}{\eta_S}\end{aligned}$$

L'expression $\frac{\bar{\alpha}^2}{4} \frac{\eta_A}{\eta_S} - aD_A$ désigne alors la baisse totale des profits des acteurs du marché des contenus lorsque q augmente de $\frac{1}{\phi}$ ¹⁴³. En effet, la variation totale des recettes des fournisseurs de contenus (gratuits ou payants), que l'on note par Δ_{FC}^R , s'écrit de la manière suivante :

$$\begin{aligned}\Delta_{FC}^R &= p^* D_S^* \frac{\eta_A}{\eta_S} - aD_A \\ \Delta_{FC}^R &= \frac{\bar{\alpha}^2}{4} \frac{\eta_A}{\eta_S} - aD_A\end{aligned}\tag{29}$$

Le prix q_{AB}^* peut alors s'écrire comme une fonction de Δ_{FC}^R :

$$q_{AB}^* = -\frac{1}{2} \Delta_{FC}^R$$

Par ailleurs, le profit du bloqueur de publicités se déduit comme suit :

$$\begin{aligned}\pi_{q_{AB}^*}^{AB} &= q_{AB}^* \bar{\Delta}_{\theta}^{q_{AB}^*} \\ \pi_{q_{AB}^*}^{AB} &= \frac{(\bar{\Delta}_{\theta})^2}{4\phi}\end{aligned}\tag{30}$$

¹⁴³ L'expression $\left(\frac{\bar{\alpha}^2}{4} \frac{\eta_A}{\eta_S} - aD_A\right) \phi$ exprime la variation moyenne de la recette d'un fournisseur de contenus suite à une augmentation marginale de q .

4.3 La demande d'accès à Internet

De par la nature biface du marché de l'accès à Internet, la valeur pour les consommateurs de l'accès dépend positivement du nombre de contenus présents sur le réseau. Comme exprimé ci-dessous, la disposition à payer des consommateurs pour l'accès, ou de manière équivalente, les recettes de l'accès pour le FAI, diminue donc avec l'arrivée du bloqueur de publicités :

$$\begin{aligned}
 f_q^* &= \beta + \psi \Delta_\theta^{q_{AB}} \\
 f_q^* &= \beta + \psi \left(\Delta_\theta - \frac{\bar{\Delta}_\theta}{2\eta_A\phi} \right) \\
 f_q^* &= f^* - \frac{\bar{\Delta}_\theta}{2} \frac{\psi \Delta_\eta}{\eta_S}
 \end{aligned} \tag{31}$$

L'arrivée d'un bloqueur de publicités diminue le prix de l'accès à Internet du montant $\frac{\bar{\Delta}_\theta}{2} \frac{\psi \Delta_\eta}{\eta_S}$. Nous rappelons que le nombre de contenus évincés du marché suite à l'arrivée du bloqueur est égal à $\frac{q}{\eta_A}$. Or, le prix d'équilibre q_{AB}^* est égal à $\frac{\bar{\Delta}_\theta}{2\phi}$. Dès lors, le nombre de contenus évincés à l'équilibre est égal à $\frac{\bar{\Delta}_\theta}{2\phi\eta_A}$ ce qui est équivalent à $\frac{\bar{\Delta}_\theta}{2} \frac{\Delta_\eta}{\eta_S}$. De plus, nous savons que $\frac{\partial f}{\partial \Delta_\theta} = -\psi$. Par conséquent, la diminution du consentement à payer des consommateurs pour l'accès à Internet est de $\psi \frac{\bar{\Delta}_\theta}{2} \frac{\Delta_\eta}{\eta_S}$. L'arrivée du bloqueur de publicités réduit donc du montant $D_A \frac{\bar{\Delta}_\theta}{2} \frac{\psi \Delta_\eta}{\eta_S}$ les recettes des abonnements Internet pour le FAI.

Pour autant, l'effet du bloqueur de publicités sur le profit du FAI reste ambigu. En effet, les pertes de recettes peuvent être partiellement ou totalement compensées par les économies de coûts de congestion induites par la diminution du nombre de contenus gratuits présents sur le réseau. Les gains en termes de coûts de congestion sont égaux à $D_A c \frac{\bar{\Delta}_\theta}{2}$. En effet, $\frac{\bar{\Delta}_\theta}{2}$ correspond à la diminution du nombre de contenus gratuits sur le réseau et c au coût de congestion par unité de contenu gratuit consommé sur le réseau et D_A au nombre de consommateurs qui consomment les contenus gratuits.

Notons que $\frac{\Delta_\eta}{\eta_S}$ correspond au nombre de contenus évincés du marché pour toute diminution d'une unité du nombre de contenus gratuits sur le réseau (ou pour toute augmentation de q égale à $\frac{1}{\phi}$). La perte de recettes, par consommateur, à cause des contenus évincés, est égale à $\psi \frac{\Delta_\eta}{\eta_S}$, tandis que les économies de coûts de congestion, par consommateur, lorsqu'un contenu gratuit n'est plus disponible

et consommé sur le réseau, sont égales à c . Par conséquent, la différence $c - \psi \frac{\Delta\eta}{\eta_S}$ exprime le gain net marginal pour le FAI, lorsque le segment des contenus gratuits est réduit d'une unité (pour toute augmentation de q égale à $\frac{1}{\phi}$). Après agrégation sur l'ensemble de la demande D_A , on note alors par Δ_{access} , avec $\Delta_{access} = D_A(c - \psi \frac{\Delta\eta}{\eta_S})$, l'externalité de réseau du bloqueur de publicités au niveau de l'accès à Internet. Le signe de cette expression n'est pas déterminé. Lorsque les économies de coûts de congestion compensent les pertes de recettes des abonnements Internet, l'expression Δ_{access} est de signe positif (ou négatif dans le cas inverse).

L'arrivée du bloqueur de publicités augmente donc le profit du FAI du montant $D_A \frac{\bar{\Delta}\theta}{2} \Delta_{access}$. En effet, la nouvelle fonction de profit du FAI en présence d'un bloqueur de publicités, notée $\pi_{q_{AB}^{FAI}^*}$, s'écrit à l'équilibre de la manière suivante :

$$\pi_{q_{AB}^{FAI}^*} = \pi^{FAI^*} + \frac{\bar{\Delta}\theta}{2} \Delta_{access} \quad (32)$$

Propriété 8 : $\pi_{q_{AB}^{FAI}^*} > \pi^{FAI^*} \Leftrightarrow \Delta_{access} > 0$.

5 Intégration du bloqueur de publicités par le FAI

Comme présenté en section 4, le bloqueur de publicité a des effets externes positifs ou négatifs au niveau de l'accès à Internet du FAI. Dès lors, le FAI a une incitation forte à intégrer le bloqueur de publicités afin d'optimiser les effets externes du bloqueur de publicités sur son accès. Si le blocage de publicités a un impact globalement négatif (positif) sur son accès, il souhaitera fixer un prix d'inscription sur la liste blanche relativement faible (élevé) pour « laisser-passer » un volume plus (moins) important de publicités sur son réseau.

5.1 L'équilibre

La nouvelle fonction de profit du FAI ayant intégré le bloqueur de publicités, notée π_q^{FAI} , s'écrit comme la somme des profits des deux entités avant la fusion :

$$\begin{aligned} \max_q \pi_q^{FAI} &= D_A(\beta + \psi\Delta_\theta^q) + (q - cD_A)\bar{\Delta}_\theta^q \\ \max_q D_A \left(\beta + \psi \left(\Delta_\theta - \frac{q}{\eta_a} \right) \right) &+ (q - cD_A)(\bar{\Delta}_\theta - q\phi) \end{aligned} \quad (33)$$

Les conditions de premier ordre donnent :

$$\begin{aligned} \frac{\partial \pi_q^{FAI}}{\partial q} &= -\frac{D_A\psi}{\eta_a} + (\bar{\Delta}_\theta - q\phi) - \phi(q - cD_A) = 0 \\ \frac{\partial \pi_q^{FAI}}{\partial q} \frac{1}{\phi} &= D_A \left(c - \frac{\psi\Delta_\theta}{\eta_s} \right) + \left(\frac{\bar{\Delta}_\theta}{\phi} - q \right) - q = 0 \end{aligned} \quad (34)$$

La condition de second ordre est vérifiée :

$$\frac{\partial^2 \pi_{FAI}}{\partial q^2} = -2\phi \leq 0 \quad (35)$$

Les conditions du premier ordre et du second ordre impliquent l'égalité entre le bénéfice marginal (Bm^{FAI}) et le coût marginal (Cm^{FAI}) associés à une variation de q égale à $\frac{1}{\phi}$:

$$\begin{aligned} Bm^{FAI} &= Cm^{FAI} \\ D_A c + \left(\frac{\bar{\Delta}_\theta}{\phi} - q \right) &= q + D_A \frac{\psi\Delta_\theta}{\eta_s} \\ Bm^{AB} + D_A c &= Cm^{AB} + D_A \frac{\psi\Delta_\theta}{\eta_s} \end{aligned} \quad (36)$$

En intégrant le bloqueur de publicités, le bénéfice marginal du FAI, noté Bm^{FAI} , est égal au bénéfice marginal du bloqueur de publicités, noté Bm^{AB} , et aux économies de coûts de congestion égales à $D_A c$ engendrées par la diminution d'un contenu gratuit. Symétriquement, le coût marginal du FAI, noté Cm^{FAI} , est égal au coût marginal du bloqueur de publicités, noté Cm^{AB} , et au manque à gagner

égal à $D_A \frac{\psi \Delta \eta}{\eta_S}$ pour les recettes des abonnements Internet.

Les conditions du premier ordre peuvent aussi être interprétées comme une somme de gains nets marginaux :

$$Bm^{AB} - Cm^{AB} + \Delta_{access} = 0$$

où $\Delta_{access} = D_A \left(c - \frac{\psi \Delta \eta}{\eta_S} \right)$ correspond à l'ensemble des externalités de réseaux (agrégées) du bloqueur de publicités au niveau de l'accès à Internet.

Lorsque le bloqueur de publicités est détenu par une firme indépendante au FAI, celle-ci n'internalise pas l'effet d'une hausse de q ni sur le niveau de congestion, ni sur le consentement à payer des individus pour l'accès à Internet. À l'inverse, lorsque le bloqueur de publicités est totalement intégré au FAI, ce dernier internalise les effets externes d'une hausse du prix du « laisser-passer » des publicités (q) sur l'accès à Internet. Par conséquent, si les effets externes sont globalement positifs ($\Delta_{access} > 0$), le FAI est incité à augmenter le prix q au-delà du prix d'équilibre fixé par une firme indépendante q_{AB}^* .

Cependant, toute augmentation de q au-delà du niveau q_{AB}^* abaisse le niveau de profit de l'activité du bloqueur de publicités du montant $Bm^{AB} - Cm^{AB}$. En effet, au-delà du niveau $q = q_{AB}^*$, l'activité du bloqueur devient déficitaire pour toute hausse de q car l'effet revenu devient inférieur à l'effet prix. Toutefois, le FAI augmente le prix q au-delà de q_{AB}^* tant que le profit supplémentaire de l'activité de l'accès à Internet compense la diminution du profit de l'activité du bloqueur de publicités.

Le prix du bloqueur de publicités intégré au FAI, solution du programme de maximisation du FAI, se déduit comme suit :

$$q_{FAI}^* = \frac{\bar{\Delta}_\theta}{2\phi} + \frac{\Delta_{access}}{2} \quad (37)$$

Condition 7 : $q_{FAI}^* > 0 \Leftrightarrow \frac{\bar{\Delta}_\theta}{2\phi} + \frac{D_A}{2} \left(c - \frac{\Delta_\eta \psi}{\eta_S} \right) > 0$

q_{FAI}^* peut aussi s'écrire en fonction de q_{AB}^* :

$$q_{FAI}^* = q_{AB}^* + \frac{\Delta_{access}}{2}$$

$$q_{FAI}^* = \frac{1}{2} (\Delta_{access} - \Delta_{OTT}^R)$$

Nous avons : $q_{FAI}^* > q_{AB}^*$ si $c - \frac{\Delta_\eta \psi}{\eta_S} > 0$.

Propriété 9 : si les externalités de réseaux du bloqueur de publicités sont globalement positifs au niveau de l'accès à Internet, le prix du « laisser-passer » des publicités fixé par le FAI est supérieur au prix fixé par un bloqueur de publicités indépendant. Le terme $\frac{\Delta_{access}}{2}$ représente la variation du prix du bloqueur de publicités pour les fournisseurs de contenus gratuits lorsque le bloqueur de publicités est détenu par le FAI plutôt que par une firme distincte.

Le nombre de fournisseurs sur le segment des contenus gratuits s'écrit comme suit :

$$\bar{\Delta}_{\theta}^{q_{FAI}*} = \bar{\Delta}_{\theta} - q_{FAI}* \phi \quad (38)$$

L'expression $\bar{\Delta}_{\theta}^{q_{FAI}*}$ peut se réécrire en fonction de $\bar{\Delta}_{\theta}^{q_{AB}*}$, nous avons :

$$\begin{aligned} \bar{\Delta}_{\theta}^{q_{FAI}*} &= \bar{\Delta}_{\theta} - \phi \left(q_{AB}* + \frac{\Delta_{access}}{2} \right) \\ \bar{\Delta}_{\theta}^{q_{FAI}*} &= \bar{\Delta}_{\theta}^{q_{AB}*} - \phi \frac{\Delta_{access}}{2} \end{aligned} \quad (39)$$

La variation du nombre de fournisseurs de contenus gratuits est égale à $\phi \frac{\Delta_{access}}{2}$. Parallèlement, le nombre de fournisseurs sur le segment des contenus payants se déduit comme suit :

$$\begin{aligned} \tilde{\Delta}_{\theta}^{q_{FAI}*} &= \tilde{\Delta}_{\theta} + \frac{q_{FAI}*}{\Delta_{\eta}} \\ \tilde{\Delta}_{\theta}^{q_{FAI}*} &= \tilde{\Delta}_{\theta} + \frac{q_{AB}* + \frac{D_A}{2} \left(c - \psi \frac{\Delta_{\eta}}{\eta_S} \right)}{\Delta_{\eta}} \\ \tilde{\Delta}_{\theta}^{q_{FAI}*} &= \tilde{\Delta}_{\theta}^{q_{AB}*} + \frac{1}{\Delta_{\eta}} \frac{\Delta_{access}}{2} \end{aligned} \quad (40)$$

Après l'intégration du bloqueur de publicités par le FAI, le nombre de fournisseurs de contenus payants est augmenté du terme $\frac{1}{\Delta_{\eta}} \frac{\Delta_{access}}{2}$. En outre, la variation du nombre de contenus sur le marché est égale à $\frac{\Delta_{access}}{2} \frac{1}{\eta_A}$.

5.2 L'incitation pour le FAI à intégrer le bloqueur de publicités indépendant

Le bloqueur de publicités est supposé avoir été initialement développé par une entité tiers, indépendante au FAI. Dès lors, l'intégration du bloqueur par le FAI ne peut s'effectuer que si l'accord est mutuellement avantageux pour les deux parties.

La fusion entre le FAI et le bloqueur de publicités est améliorante pour les deux parties dès lors que le profit joint à l'équilibre est supérieur à la somme des profits indépendants. Pour que les deux parties soient incitées à fusionner, le consentement à payer du FAI doit au moins être égal au consentement

à recevoir du bloqueur de publicités :

$$\sum_{t=0}^{\infty} \frac{1}{(1+r)^t} \pi_{q_{AB}^*}^{AB} \leq \sum_{t=0}^{\infty} \frac{1}{(1+r)^t} (\pi_{q_{FAI}^*}^{FAI} - \pi_{q_{AB}^*}^{FAI}) \quad (41)$$

$$\pi_{q_{AB}^*}^{AB} \leq \pi_{q_{FAI}^*}^{FAI} - \pi_{q_{AB}^*}^{FAI}$$

avec r le taux de rendement du capital. Notons que le profit $\pi_{q_{FAI}^*}^{FAI}$ peut se réécrire en fonction de $\pi_{q_{AB}^*}^{FAI}$ et $\pi_{q_{AB}^*}^{AB}$ (voir Annexe, partie « détails des calculs de l'essai 4 », section 1), de sorte que l'inégalité ci-dessus est toujours vraie, nous avons :

$$\pi_{q_{FAI}^*}^{FAI} = \pi_{q_{AB}^*}^{FAI} + \pi_{q_{AB}^*}^{AB} + \phi \left(\frac{\Delta_{access}}{2} \right)^2 \quad (42)$$

Le bénéfice total actualisé de la fusion est donc égal à :

$$\sum_{t=0}^{\infty} \frac{1}{(1+r)^t} \phi \left(\frac{\Delta_{access}}{2} \right)^2 = \phi \left(\frac{\Delta_{access}}{2} \right)^2 + \frac{\phi \left(\frac{\Delta_{access}}{2} \right)^2}{r} \quad (43)$$

Pour que l'accord de fusion entre les deux parties puisse avoir lieu, le prix de vente, noté v , doit être supérieur ou égal au consentement à recevoir du bloqueur de publicité et inférieur ou égal au consentement à payer du FAI, tel que $v \in \left[\sum_{t=0}^{\infty} \frac{1}{(1+r)^t} \pi_{q_{AB}^*}^{AB} ; \sum_{t=0}^{\infty} \frac{1}{(1+r)^t} (\pi_{q_{FAI}^*}^{FAI} - \pi_{q_{AB}^*}^{FAI}) \right]$.

Chacune des deux parties cherche à maximiser son surplus de la vente, c'est-à-dire l'écart absolu entre le prix de vente et son consentement (à payer ou recevoir). La répartition du gain issu de la fusion entre le FAI et le bloqueur de publicités dépend du prix de vente (v), lui-même déterminé à l'issue de la négociation entre les deux parties. Le résultat de la négociation est solution du programme de maximisation suivant :

$$\max_v \left(\pi_{q_{FAI}^*}^{FAI} - \pi_{q_{AB}^*}^{FAI} + \frac{\pi_{q_{FAI}^*}^{FAI} - \pi_{q_{AB}^*}^{FAI}}{r} - v \right)^{\rho} \left(v - \pi_{q_{AB}^*}^{AB} - \frac{\pi_{q_{AB}^*}^{AB}}{r} \right)^{(1-\rho)} \quad (44)$$

$$\max_v \rho \ln \left(\pi_{q_{FAI}^*}^{FAI} - \pi_{q_{AB}^*}^{FAI} + \frac{\pi_{q_{FAI}^*}^{FAI} - \pi_{q_{AB}^*}^{FAI}}{r} - v \right) + (1-\rho) \ln \left(v - \pi_{q_{AB}^*}^{AB} - \frac{\pi_{q_{AB}^*}^{AB}}{r} \right)$$

où ρ et $(1-\rho)$ traduisent respectivement les pouvoirs de négociation relatifs du FAI et du bloqueur de publicités. Après simplification (voir Annexe, partie « détails des calculs de l'essai 4 », section 2), l'équilibre de Nash v^* , solution du programme de maximisation (46), s'écrit comme suit :

$$v^* = \rho \left(\pi_{q_{AB}^*}^{AB} + \frac{\pi_{q_{AB}^*}^{AB}}{r} \right) + (1-\rho) \left(\pi_{q_{FAI}^*}^{FAI} - \pi_{q_{AB}^*}^{FAI} + \frac{\pi_{q_{FAI}^*}^{FAI} - \pi_{q_{AB}^*}^{FAI}}{r} \right) \quad (45)$$

Finalement, le prix d'équilibre (v^*) correspond à la somme des consentements des parties pondérés par leur pouvoir de négociation respectifs. Si le FAI détient tout le pouvoir de négociation ($\rho = 1$), alors le prix de vente est minimal, c'est-à-dire égal au prix de réserve du bloqueur de publicités et le FAI s'accapare l'intégralité du gain de la fusion. Inversement, si le FAI n'a aucun pouvoir de négociation ($\rho = 0$), le prix de vente est maximal et donc égal au consentement à payer du FAI.

6 Effet du bloqueur de publicités sur le bien-être collectif

Les équilibres de marché présentés aux sections 3, 4 et 5 rendent compte de l'effet d'un bloqueur de publicités sur un ensemble de variables économiques : la fourniture de contenus gratuits et payants, le niveau de congestion, le prix des abonnements Internet et les profits des acteurs de l'économie. Après fusion, l'internalisation par le FAI des effets externes du bloqueur de publicités sur l'accès à Internet est susceptible d'améliorer le bien-être collectif. En tout état de cause, l'équilibre socialement désirable n'est pas atteint par l'équilibre de marché.

6.1 L'optimum social

Le régulateur ou le planificateur social a pour objectif de maximiser le bien-être collectif, lequel doit être fonction de l'ensemble des bénéfices et coûts réels de tous les acteurs de l'économie. La fonction de bien-être collectif, notée W^{FB} , s'écrit comme suit :

$$W^{FB} = D_A (\beta + \psi \Delta_\theta^q) + \bar{\Delta}_\theta^q \int_t^{\bar{\alpha}} (\alpha - t) d\alpha + \tilde{\Delta}_\theta^q \int_{\frac{\bar{\alpha}}{2}}^{\bar{\alpha}} \alpha d\alpha + \bar{\Delta}_\theta^q D_A (a - c) - FC \quad (46)$$

avec $(\beta + \psi \Delta_\theta^q)$ le surplus individuel des consommateurs pour l'accès à Internet, $\int_t^{\bar{\alpha}} (\alpha - t) d\alpha$ et $\int_{\frac{\bar{\alpha}}{2}}^{\bar{\alpha}} \alpha d\alpha$ les surplus totaux des consommateurs par contenu gratuit et payant accessibles sur le réseau, a la recette publicitaire par unité de demande des fournisseurs de contenus gratuits, c le coût de congestion par unité de contenus gratuits consommés sur le réseau, et $FC = \left(\eta_A \int_{\tilde{\theta}_q}^{\bar{\theta}_q} \theta d\theta + \eta_S \int_{\underline{\theta}}^{\tilde{\theta}_q} \theta d\theta \right)$ le coût fixe agrégé de l'ensemble des fournisseurs de contenus. Il convient de noter que la fonction W^{FB} n'intègre ni les recettes du bloqueur de publicités, ni les recettes de l'accès à Internet. En effet, ces montants ne sont en réalité que des transferts monétaires entre les acteurs de l'économie et ne constituent pas de bénéfices réels. Après simplifications (voir Annexe, partie « détails des calculs de l'essai 4 », section 3), W^{FB} peut se réécrire en fonction de Δ_θ^q , $\bar{\Delta}_\theta^q$, $\tilde{\Delta}_\theta^q$, $\bar{\theta}_q$, $\tilde{\theta}_q$ et $\underline{\theta}$:

$$W^{FB} = D_A (\beta + \psi \Delta_\theta^q) + \bar{\Delta}_\theta^q D_A \left(\frac{D_A}{2} + a - c \right) + \tilde{\Delta}_\theta^q \frac{3\bar{\alpha}^2}{8} - \frac{\eta_A \bar{\theta}_q^2}{2} - \frac{\Delta_\eta \tilde{\theta}_q^2}{2} + \frac{\eta_S \underline{\theta}^2}{2} \quad (47)$$

Après simplifications (voir Annexe, *idem* ci-dessus), les conditions du premier ordre et du second ordre impliquent l'égalité entre le bénéfice marginal, noté Bm^{FB} , et le coût marginal, noté Cm^{FB} , associés à une variation de q égale à $\frac{1}{\phi}$ (réduction d'une unité le nombre de contenus gratuits présents sur le réseau) :

$$\begin{aligned} \frac{\partial W}{\partial q} \frac{1}{\phi} &= D_A \left(c - \frac{\psi \Delta \eta}{\eta_S} \right) - a D_A + \left(\frac{3 \bar{\alpha}^2 \eta_A}{8 \eta_S} - \frac{(D_A)^2}{2} \right) + \left(\frac{\bar{\Delta}_\theta}{\phi} - q \right) = 0 \\ \left(\frac{\bar{\Delta}_\theta}{\phi} - q \right) + D_A c + \frac{\bar{\alpha}^2 \eta_A}{8 \eta_S} + \frac{\bar{\alpha}^2 \eta_A}{4 \eta_S} &= D_A \frac{\psi \Delta \eta}{\eta_S} + \frac{(D_A)^2}{2} + a D_A \\ B m^{FB} &= C m^{FB} \end{aligned} \quad (48)$$

$$D_A \left(c - \frac{\psi \Delta \eta}{\eta_S} \right) + \left(\frac{\bar{\alpha}^2 \eta_A}{8 \eta_S} - \frac{(D_A)^2}{2} \right) + \left(\frac{\bar{\alpha}^2 \eta_A}{4 \eta_S} - a D_A \right) - \left(q - \frac{\bar{\Delta}_\theta}{\phi} \right) = 0$$

La différence entre le bénéfice marginal et le coût marginal peut être comprise comme la somme de gains nets marginaux. Le terme $D_A \left(c - \frac{\psi \Delta \eta}{\eta_S} \right) = \Delta_{\text{access}}$ est égal à la variation du surplus total au niveau de l'accès à Internet pour les consommateurs et le FAI (voir section 4.3), le terme $\frac{(D_S)^2}{2} \left(\frac{\eta_A}{\eta_S} \right) - \frac{(D_A)^2}{2} = \Delta_{CS}$ correspond à la variation du surplus des consommateurs sur le marché des contenus¹⁴⁴, le terme $\frac{\bar{\alpha}^2 \eta_A}{4 \eta_S} - a D_A = \Delta_{FC}^R$ est égal à la variation totale des recettes des fournisseurs de contenus¹⁴⁵, enfin, le terme $\left(q - \frac{\bar{\Delta}_\theta}{\phi} \right) = -\frac{\bar{\Delta}_\theta^q}{\phi} = \Delta_{FC}^C$ correspond à la variation du coût fixe total des fournisseurs de contenus. La variation Δ_{FC}^C résulte de deux effets opposés. Le premier est négatif car les fournisseurs de contenus gratuits les moins efficaces sont évincés du marché suite à une augmentation de q . Le deuxième est positif car les fournisseurs de contenus gratuits les plus efficaces migrent du modèle gratuit vers le modèle payant en supportant un coût fixe plus élevé ($\eta_S > \eta_A$). L'effet global (Δ_{FC}^C) est négatif au regard de la dérivée première : $\frac{\partial FC}{\partial q} = -\bar{\Delta}_\theta^q < 0$.

Après réécriture, l'optimum social est alors atteint lorsque la somme des gains nets marginaux s'annule :

$$\Delta_{\text{access}} + \Delta_{CS} + (\Delta_{FC}^R - \Delta_{FC}^C) = 0$$

La différence $\Delta_{FC}^R - \Delta_{FC}^C$ correspond donc à la baisse¹⁴⁶ du surplus agrégé des fournisseurs de

¹⁴⁴ Le terme $\frac{(D_A)^2}{2}$ correspond à la perte de surplus des consommateurs liée à la diminution d'un contenu gratuit sur le réseau. De plus, pour tout contenu gratuit en moins sur le réseau, il y a $\frac{\eta_A}{\eta_S}$ contenus payants en plus sur le réseau. Or, chaque contenu payant procure un surplus total de consommation égal à $\frac{(D_S)^2}{2}$.

¹⁴⁵ En effet, les termes $a D_A$ et $p^* D_S^* = \frac{\bar{\alpha}^2}{4}$ correspondent aux recettes totales des fournisseurs par unité de contenus gratuits et payants sur le réseau. Or, pour tout contenu gratuit en moins sur le réseau, il y a $\frac{\eta_A}{\eta_S}$ contenus payants en plus sur le réseau.

¹⁴⁶ La variation ($\Delta_{FC}^R - \Delta_{FC}^C$) est négative :

contenus. Au final, le retrait d'un contenu gratuit sur le réseau entraîne divers effets à différents niveaux de l'économie. En premier lieu, au niveau de l'accès à Internet, les effets opposés sur les surplus des consommateurs et du FAI se résument au travers de l'expression Δ_{access} . En second lieu, au niveau du marché des contenus, le surplus des consommateurs et des fournisseurs de contenus sont respectivement réduits de Δ_{CS} et $(\Delta_{FC}^R - \Delta_{FC}^C)$.

La somme fixée par le planificateur (q_{FB}) qui maximise le surplus collectif s'écrit :

$$q_{FB} = D_A \left(c - \frac{\psi \Delta \eta}{\eta_S} \right) + \frac{3\bar{\alpha}^2 \eta_A}{8 \eta_S} - \frac{(D_A)^2}{2} - aD_A + \frac{\bar{\Delta}_\theta}{\phi} \quad (49)$$

Le prix optimal q_{FB} peut se réécrire en fonction de Δ_{access} et Δ_{CS} comme suit :

$$q_{FB} = \Delta_{\text{access}} + \Delta_{CS} + \Delta_{FC}^R + \frac{\bar{\Delta}_\theta}{\phi} \quad (50)$$

$$q_{FB} = \Delta_{\text{access}} + \Delta_{CS}$$

Nous rappelons que $\Delta_{CS} = \frac{(D_S)^2}{2} \left(\frac{\eta_A}{\eta_S} \right) - \frac{(D_A)^2}{2}$. Or $D_A > D_S$ et $\eta_S > \eta_A$, nous déduisons : $\Delta_{CS} < 0$. En d'autres termes, le blocage publicitaire diminue le surplus des consommateurs sur le marché des contenus, ou de manière équivalente, le surplus des consommateurs sur le marché des contenus augmente avec le nombre de contenus gratuits sur Internet. Reste à savoir si l'effet négatif du blocage publicitaire sur le surplus des consommateurs est compensé par l'effet externe du bloqueur au niveau de l'accès. Si $\Delta_{\text{access}} > -\Delta_{CS}$, l'effet externe positif du blocage compense la variation négative de surplus des consommateurs, et le prix du bloqueur à l'optimum est nécessairement positif. En revanche, même si Δ_{access} est positif, l'effet externe peut être insuffisant pour compenser la perte Δ_{CS} . Dans ce cas, le blocage publicitaire est davantage facteur de coûts que de bénéfices pour la société pris dans son ensemble. Ainsi, le planificateur devrait souhaiter subventionner la publicité sur Internet, avec un prix négatif du bloqueur, pour valoriser l'accès à Internet (via la diversité des contenus) et augmenter le surplus de consommation sur le marché des contenus.

6.2 Comparaison de l'optimum social avec les équilibres

Il convient de vérifier dans quelle mesure les équilibres de marché, q_{AB}^* et q_{FAI}^* , peuvent coïncider avec l'équilibre de premier rang (q_{FB}). Pour rappel, $q_{FAI}^* = \frac{1}{2}(\Delta_{\text{access}} - \Delta_{FC}^R)$ et $q_{AB}^* = -\frac{1}{2}\Delta_{FC}^R$. Le prix q_{FB} peut se réécrire en fonction de q_{AB}^* , nous avons :

$$\Delta_{FC}^R - \Delta_{FC}^C = \frac{\bar{\alpha}^2 \eta_A}{4 \eta_S} - aD_A - q - aD_A + \frac{\bar{\alpha}^2 \eta_A}{4 \eta_S}$$

$$\Delta_{FC}^R - \Delta_{FC}^C = -q$$

$$q_{FB} = 2q_{FAI}^* + \Delta_{CS} + \Delta_{FC}^R \quad (51)$$

$$q_{FB} = 2q_{AB}^* + \Delta_{access} + \Delta_{CS} + \Delta_{FC}^R$$

La différence entre l'équilibre de premier rang et l'équilibre de marché q_{AB}^* s'écrit alors comme suit :

$$\begin{aligned} q_{FB} - q_{AB}^* &= \Delta_{access} + \frac{1}{2}\Delta_{FC}^R + \Delta_{CS} \\ q_{FB} - q_{AB}^* &= \Delta_{access} + S_{q=q_{AB}^*} \end{aligned} \quad (52)$$

avec $S_q = \Delta_{FC}^R - \Delta_{FC}^C + \Delta_{CS}$, $\Delta_{FC}^R - \Delta_{FC}^C = -q$, et $S_{q=q_{AB}^*} = (\Delta_{FC}^R - \Delta_{FC}^C)_{q=q_{AB}^*} + \Delta_{CS}$.

En d'autres termes, l'expression $S_{q=q_{AB}^*}$ correspond à la variation (négative) du surplus total sur le marché des contenus (consommateurs et fournisseurs de contenus), évaluée au point $q = q_{AB}^*$.

Du point de vue bien-être collectif, les recettes du bloqueur de publicités ne sont qu'un transfert monétaire. Ils n'ont donc pas lieu d'être intégrés au surplus collectif. Toutefois, il convient d'intégrer l'effet marginal du blocage publicitaire¹⁴⁷ sur les variations de surplus des acteurs du marché des contenus (les consommateurs et les fournisseurs de contenus). Ainsi, il peut être préférable de bloquer encore davantage de publicités sur le réseau que ne le fait un bloqueur de publicités indépendant, en fixant un prix plus élevé d'inscription sur la liste blanche ($q_{FB} > q_{AB}^*$), si les bénéfices marginaux du blocage publicitaire au niveau de l'accès à Internet sont supérieurs aux coûts marginaux du blocage sur le marché des contenus (pour les consommateurs et les fournisseurs), c'est-à-dire si $\Delta_{access} > -S_{q=q_{AB}^*}$.

De l'équation (53) est aussi déduite la différence $q_{FB} - q_{FAI}^*$:

$$\begin{aligned} q_{FB} &= 2q_{FAI}^* + \Delta_{CS} + \Delta_{FC}^R \\ q_{FB} - q_{FAI}^* &= q_{FAI}^* + \Delta_{CS} + \Delta_{FC}^R \\ q_{FB} - q_{FAI}^* &= \frac{1}{2}(\Delta_{access} - \Delta_{FC}^R) + \Delta_{CS} + \Delta_{FC}^R \\ q_{FB} - q_{FAI}^* &= \frac{1}{2}\Delta_{access} + S_{q=q_{AB}^*} \end{aligned} \quad (53)$$

La différence $q_{FB} - q_{FAI}^*$ peut aussi se réécrire en fonction de $S_{q=q_{AB}^*}$:

$$\begin{aligned} q_{FB} - q_{FAI}^* &= \Delta_{access} - \frac{1}{2}\Delta_{access} + \frac{1}{2}\Delta_{FC}^R + \Delta_{CS} \\ q_{FB} - q_{FAI}^* &= \Delta_{access} - \frac{1}{2}\Delta_{access} - q_{AB}^* + \Delta_{CS} \\ q_{FB} - q_{FAI}^* &= \Delta_{access} - q_{FAI}^* + \Delta_{CS} \end{aligned}$$

¹⁴⁷ augmentation ou diminution de q

$$q_{FB} - q_{FAI}^* = \Delta_{access} + S_{q=q_{FAI}^*}$$

avec $S_{q=q_{FAI}^*} = (\Delta_{FC}^R - \Delta_{FC}^C)_{q=q_{FAI}^*} + \Delta_{CS}$. De la même manière que précédemment, nous avons $q_{FB} > q_{FAI}^*$ si $\Delta_{access} > -S_{q=q_{FAI}^*}$, ce qui est équivalent à $\Delta_{access} > -2S_{q=q_{AB}^*}$.

Au Graphique 32 sont représentées les fonctions $(q_{FB} - q_{AB}^*)$ et $(q_{FB} - q_{FAI}^*)$ en fonction de Δ_{access} . Une interprétation des différentes situations possibles est exposée ci-après.

Pour $\Delta_{access} > 0$, c'est-à-dire lorsque les effets du blocage sur l'accès à Internet sont positifs, nous avons forcément $-S_{q=q_{FAI}^*} > -S_{q=q_{AB}^*}$. En effet, pour $\Delta_{access} > 0$, nous avons $q_{FAI}^* > q_{AB}^*$ et le coût marginal $-S_q = q - \Delta_{CS}$ augmente toujours avec le prix q du bloqueur de publicités. En d'autres termes, le FAI bloque davantage de publicités qu'un bloqueur de publicités indépendant, ce qui engendre des pertes additionnelles de surplus sur le marché des contenus.

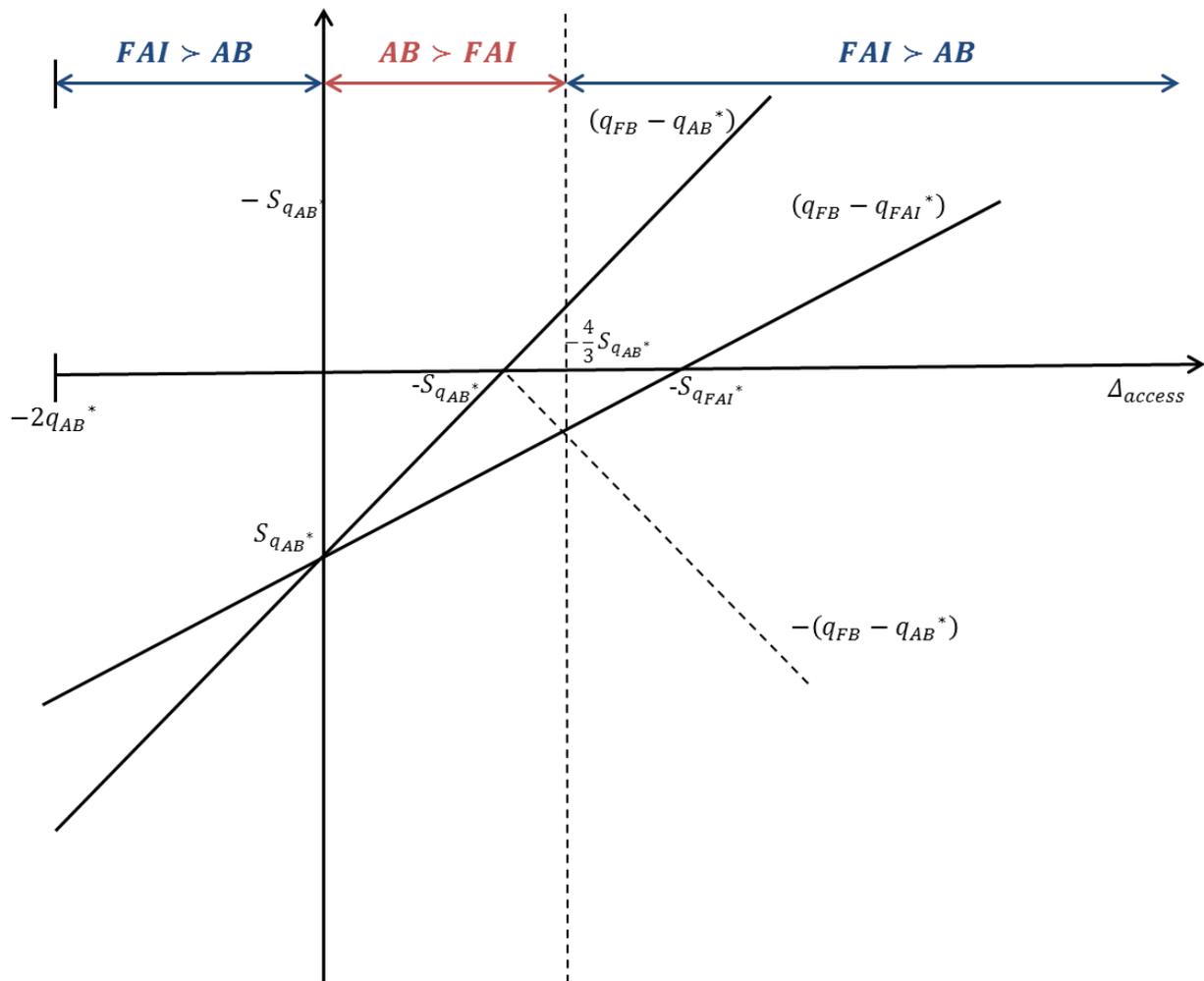
Lorsque $\Delta_{access} > -S_{q=q_{FAI}^*} > -S_{q=q_{AB}^*}$, les effets marginaux du blocage publicitaire sur l'accès à Internet compensent les pertes marginales de surplus sur le marché des contenus. Le FAI comme le bloqueur indépendant ne bloquent pas assez de publicités. Le bloqueur intégré est tout de même préféré au bloqueur indépendant car il bloque davantage de publicités que le bloqueur indépendant ($q_{FAI}^* > q_{AB}^*$).

Lorsque $-S_{q=q_{FAI}^*} > \Delta_{access} > -S_{q=q_{AB}^*}$, les effets marginaux du blocage publicitaire sur l'accès Internet permettent de compenser les pertes marginales de surplus sur le marché des contenus lorsque le bloqueur est indépendant. En revanche, ils ne permettent pas de compenser les pertes marginales plus élevées de surplus sur le marché des contenus lorsque le bloqueur est intégré au FAI. Ainsi, le prix fixé par le FAI est trop élevé tandis que celui fixé par le bloqueur indépendant est trop faible. Un bloqueur intégré au FAI est préféré (n'est pas préféré) à un bloqueur indépendant si la différence $-S_{q=q_{FAI}^*} - \Delta_{access}$ est inférieure (supérieure) à la différence $\Delta_{access} - (-S_{q=q_{AB}^*})$. Il existe alors un unique niveau Δ_{access} égal à $-\frac{4}{3}S_{q=q_{AB}^*}$ tel que le coût social du prix trop élevé fixé par le FAI est juste égal au coût social du prix trop faible fixé par le bloqueur indépendant. Ainsi, un bloqueur intégré au FAI est préférable si $\Delta_{access} > -S_{q=q_{FAI}^*}$ (voir § supra) ou si $-S_{q=q_{FAI}^*} > \Delta_{access} > -\frac{4}{3}S_{q=q_{AB}^*}$. On déduit qu'un bloqueur intégré au FAI est toujours préféré à un bloqueur indépendant si $\Delta_{access} > -\frac{4}{3}S_{q=q_{AB}^*}$. À l'inverse, si $-\frac{4}{3}S_{q=q_{AB}^*} > \Delta_{access} > -S_{q=q_{AB}^*}$, un bloqueur indépendant est préférable à un bloqueur intégré au FAI.

Lorsque $-S_{q=q_{FAI}^*} > -S_{q=q_{AB}^*} > \Delta_{access} > 0$, le FAI comme le bloqueur indépendant fixent un prix trop élevé du bloqueur de publicité car les coûts marginaux du blocage publicitaire sur le marché des contenus sont supérieurs aux gains marginaux au niveau de l'accès. Le bloqueur indépendant qui fixe un prix plus faible que le FAI est donc préféré à un bloqueur intégré au FAI. Ainsi, si $-S_{q=q_{AB}^*} > \Delta_{access} > 0$, un bloqueur indépendant est préférable à un bloqueur intégré. Or le bloqueur indépendant était aussi préféré pour $-\frac{4}{3}S_{q=q_{AB}^*} > \Delta_{access} > -S_{q=q_{AB}^*}$. Il est alors préféré si $-\frac{4}{3}S_{q=q_{AB}^*} > \Delta_{access} > 0$.

Lorsque $-2q_{AB}^* < \Delta_{access} < 0$, les effets marginaux du blocage publicitaire sur l'accès à Internet sont négatifs. En d'autres termes, ils alourdissent les pertes marginales de surplus sur le marché des contenus. C'est la raison pour laquelle lorsque Δ_{access} est négatif le prix de premier rang (q_{FB}) est négatif : il est préférable de subventionner le segment des contenus gratuits. Or, nous savons que pour $-2q_{AB}^* < \Delta_{access} < 0$, $q_{FAI}^* < q_{AB}^*$ et $-S_{q=q_{FAI}^*} < -S_{q=q_{AB}^*}$ car $S_q = -q - \Delta_{CS}$. Cette fois si, c'est le bloqueur indépendant qui bloque davantage de publicités et qui génère une perte totale de surplus plus élevée sur le marché des contenus. Par conséquent, le FAI est préféré au bloqueur indépendant.

Graphique 32 : Ecart des équilibres de marché par rapport à l'optimum social



Les résultats de la comparaison de l'optimum social avec les équilibres de marchés sont synthétisés au Tableau 3. Cette analyse permet d'étudier sous quelles conditions l'intégration du bloqueur de publicités est améliorante du point de vue du bien-être collectif.

Propriété 10 : La situation d'un bloqueur de publicités intégré au FAI est socialement préférable à la situation d'un bloqueur de publicités indépendant au FAI, si les effets marginaux du blocage publicitaire sur l'accès à Internet sont négatifs ou significativement positifs (supérieurs à $-\frac{4}{3}S_{q=q_{AB}^*}$). Inversement, la situation d'un bloqueur de publicités indépendant est socialement préférable à la situation d'un bloqueur de publicités intégré au FAI, si les gains marginaux du blocage publicitaire sur l'accès à Internet sont faibles (inférieurs à $-\frac{4}{3}S_{q=q_{AB}^*}$).

Tableau 3 : Comparaison des équilibres de marché avec l'optimum social

Intervalle de Δ_{access}	$-2q_{AB}^* \leq \Delta_{access} \leq 0$	$0 \leq \Delta_{access} \leq -S_{q=q_{AB}^*}$	$-S_{q=q_{AB}^*} \leq \Delta_{access} \leq -\frac{4}{3}S_{q=q_{AB}^*}$	$-\frac{4}{3}S_{q=q_{AB}^*} \leq \Delta_{access} \leq -S_{q=q_{FAI}^*}$	$-S_{q=q_{FAI}^*} \leq \Delta_{access}$
Comparaison des équilibres	$q_{FB} < q_{FAI}^* < q_{AB}^*$	$q_{FB} < q_{AB}^* < q_{FAI}^*$	$q_{AB}^* < q_{FB} \ll q_{FAI}^*$	$q_{AB}^* \ll q_{FB} < q_{FAI}^*$	$q_{AB}^* < q_{FAI}^* < q_{FB}$
Préférence sociale	$FAI > AB$	$AB > FAI$		$FAI > AB$	

6.3 Introduction d'une régulation

Sauf sous certaines conditions très restrictives, les équilibres de marché ne coïncident pas avec l'optimum social. Le prix fixé par le bloqueur de publicités intégré ou non ne permet pas d'atteindre le niveau socialement optimal de congestion et réciproquement le degré optimal de diversité des contenus.

Pour faire converger les équilibres de marché vers l'optimum social, le régulateur incite le bloqueur de publicités intégré ou non au FAI à fixer le prix recommandé par le régulateur (q_{SB}) via une compensation financière. Celle-ci doit au minimum compenser le coût d'opportunité de suivre les recommandations du régulateur.

Le recours à un tel outil incitatif permet à l'économie d'atteindre un équilibre de second rang, lui-même supérieur à l'équilibre de marché en termes de surplus collectif. Toutefois, l'existence d'un coût marginal des fonds publics (λ)¹⁴⁸ ne permet pas d'atteindre l'équilibre de premier rang.

Le régulateur recommande le prix q_{SB} qui maximise la fonction de bien-être collectif :

$$\begin{aligned}
 \max_q W_{SB} = & D_A (\beta + \psi \Delta_\theta^q) + \bar{\Delta}_\theta^q \int_t^{\bar{\alpha}} (\alpha - t) d\alpha + \bar{\Delta}_\theta^l \int_{\frac{\bar{\alpha}}{2}}^{\bar{\alpha}} (\alpha - p^*) d\alpha \\
 & + \int_{\bar{\theta}^l}^{\bar{\theta}^i} (aD_A - \eta_a \theta) d\theta + \int_{\underline{\theta}}^{\bar{\theta}^l} (D_p^* p^* - \eta_s \theta) d\theta - c \bar{\Delta}_\theta^q D_A - \lambda z \\
 \text{s. t. } & z \geq \pi_{q_i}^i - \pi_q^i = \Delta_{\pi_q^i}
 \end{aligned} \tag{54}$$

avec z le montant du transfert monétaire alloué à l'acteur indicé i détenteur du bloqueur de publicités ($i = \{FAI, AB\}$), $(\pi_{q_i}^i - \pi_q^i)$ le coût d'opportunité que représente pour l'acteur i le fait de vendre le

¹⁴⁸ Le coût marginal des fonds publics est le coût supplémentaire λ par euro de recette fiscale.

« laisser-passer » à un prix recommandé q différent de q_i^* et $\lambda > 0$ le coût marginal des fonds publics. Après simplifications (voir Annexe la partie « Détails des calculs de l'Essai 4 », section 4), la compensation monétaire z est égale à :

$$z = \phi(q - q_i^*)^2 \quad (55)$$

La condition de second ordre est vérifiée :

$$\frac{\partial^2 W_{SB}}{\partial q^2} = \frac{\partial^2 W_{FB}}{\partial q^2} - \lambda \frac{\partial^2 z}{\partial q^2} = -\phi(1 + 2\lambda) < 0$$

La condition de premier ordre s'écrit :

$$\begin{aligned} \frac{\partial W_{SB}}{\partial q} &= \frac{\partial W}{\partial q} - \lambda \frac{\partial z}{\partial q} = 0 \\ \frac{\partial W_{SB}}{\partial q} &= -\frac{\psi D_A}{\eta_A} - D_A \left(\frac{D_A}{2} + a - c \right) \phi + \frac{3\bar{\alpha}^2}{8\Delta_\eta} + \bar{\Delta} - q\phi - 2\lambda\phi(q - q_i^*) = 0 \\ \frac{\partial W_{SB}}{\partial q} &= q_{FB}\phi - q\phi - 2\lambda\phi(q - q_i^*) = 0 \end{aligned}$$

Le prix du « laisser-passer » q_{SB}^i lorsque l'acteur i est détenteur du bloqueur de publicités se déduit comme suit :

$$q_{SB}^i = \frac{q_{FB} + 2\lambda q_i^*}{1 + 2\lambda} \quad \forall i = \{FAI, AB\} \quad (56)$$

La différence $(q_{FB} - q_{SB})$ est alors égale à :

$$(q_{FB} - q_{SB}^i) = \alpha_{SB}(q_{FB} - q_i^*) \quad (57)$$

avec $\alpha_{SB} = \frac{2\lambda}{1+2\lambda} < \alpha_{FB} = 1$.

En particulier :

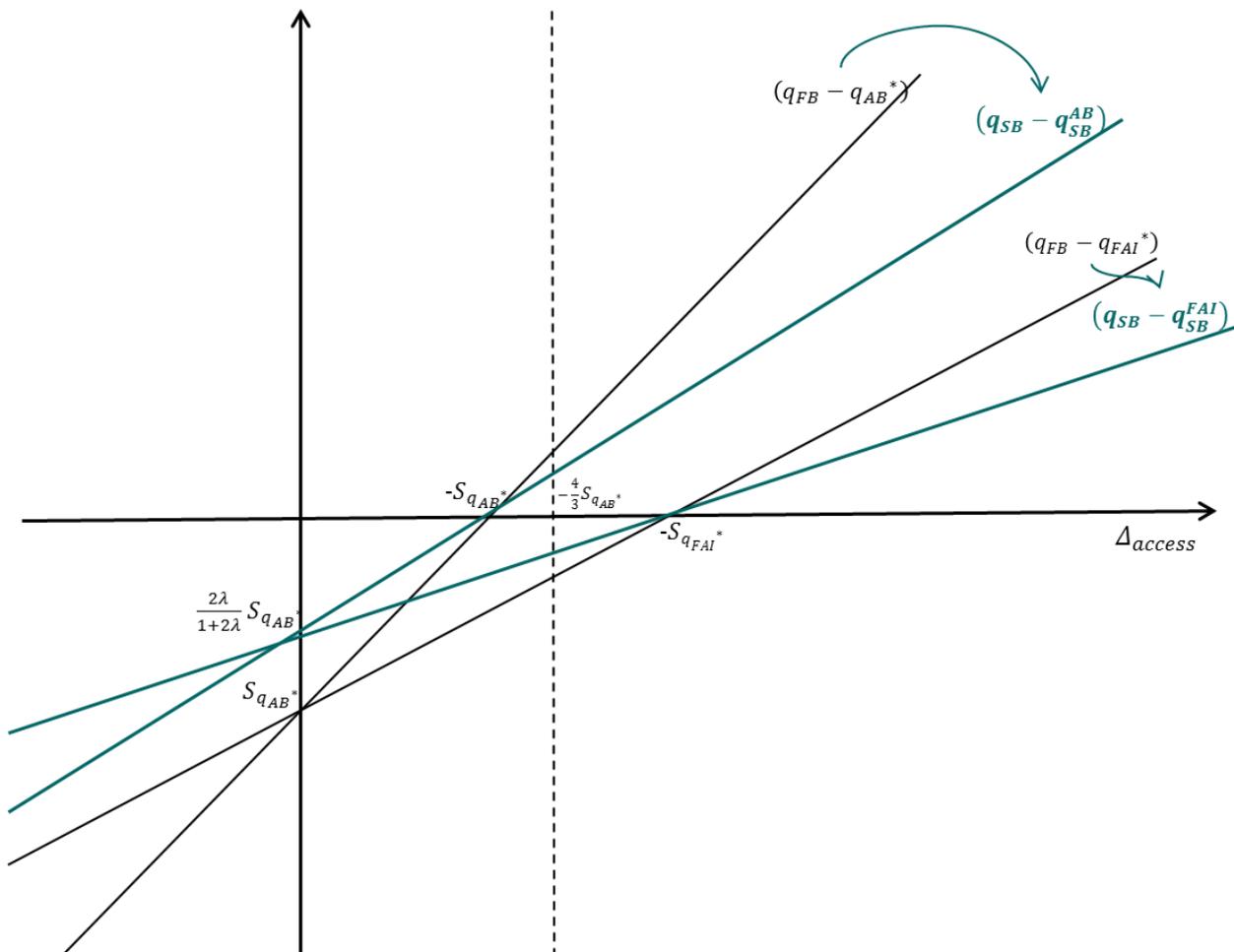
$$\begin{aligned} (q_{FB} - q_{SB}^{FAI}) &= \alpha_{SB}(q_{FB} - q_{FAI}^*) \\ (q_{FB} - q_{SB}^{FAI}) &= \alpha_{SB} \left(\frac{\Delta_{access}}{2} + S_{q=q_{AB}^*} \right) \end{aligned}$$

et

$$\begin{aligned} (q_{FB} - q_{SB}^{AB}) &= \alpha_{SB}(q_{FB} - q_{AB}^*) \\ (q_{FB} - q_{SB}^{AB}) &= \alpha_{SB}(\Delta_{access} + S_{q=q_{AB}^*}) \end{aligned}$$

Les droites $(q_{FB} - q_{SB}^{FAI})$ et $(q_{FB} - q_{SB}^{AB})$ sont représentées au Graphique 33.

Graphique 33: Représentation des équilibres de second rang



Comme attendu, l'équilibre de second rang est toujours améliorant du point de vue du bien-être collectif car q_{SB}^i est toujours plus proche de q_{FB} que ne l'est q_i^* :

$$\frac{q_{SB}^i - q_{FB}}{q_i^* - q_{FB}} = \frac{2\lambda}{1 + 2\lambda} < 1$$

Dans le pire des scénarios, c'est-à-dire lorsque le coût marginal des fonds propres tend vers l'infini, l'équilibre de second rang tend vers l'équilibre de marché ($\lim_{\lambda \rightarrow \infty} q_{SB}^i = q_i^*$). Inversement, dans le meilleur des scénarios, c'est-à-dire lorsque le coût marginal des fonds propres est nul, l'équilibre de second rang tend vers l'optimum social ($q_{SB}^i|_{\lambda=0} = q_{FB}$).

L'équilibre z_i^* s'écrit alors :

$$\begin{aligned} z_i^* &= \phi(q_{SB}^i - q_i^*)^2 \\ z_{FAI}^* &= \phi\left(\frac{q_{FB} - q_{FAI}^*}{1 + 2\lambda}\right)^2 \end{aligned} \tag{58}$$

$$\begin{aligned}
z_{FAI}^* &= \phi \left(\frac{q_{FB} - q_{AB}^* - \frac{\Delta_{access}}{2}}{1 + 2\lambda} \right)^2 \\
z_{FAI}^* &= \phi \left(\frac{q_{FB} - q_{AB}^*}{1 + 2\lambda} \right)^2 + \phi \left(\frac{\Delta_{access}}{2(1 + 2\lambda)} \right)^2 \\
&\quad - \phi \frac{(q_{FB} - q_{AB}^*)}{1 + 2\lambda} \Delta_{access} \\
z_{FAI}^* &= z_{AB}^* + \frac{\phi \Delta_{access}}{1 + 2\lambda} \left(\frac{\Delta_{access}}{4(1 + 2\lambda)} - \Delta_{access} - S_{q=q_{AB}^*} \right) \\
z_{FAI}^* &= z_{AB}^* + \frac{\phi \Delta_{access}}{1 + 2\lambda} \left(-\Delta_{access} \frac{3 + 8\lambda}{4(1 + 2\lambda)} - S_{q=q_{AB}^*} \right)
\end{aligned}$$

Le transfert monétaire à l'équilibre z_i^* décroît avec λ . Il est alors nécessairement compris dans l'intervalle $\left[0; \phi \left(\frac{q_{FB} - q_i^*}{1 + 2\lambda} \right)^2 \right] \forall i = \{FAI, AB\}$. En particulier, le régulateur n'effectuera aucun transfert monétaire si le coût de financement tend vers l'infini ($\lambda \rightarrow \infty$). Inversement, le transfert est maximal, de montant $\phi \left(\frac{q_{FB} - q_i^*}{1 + 2\lambda} \right)^2$, et l'optimum social est atteint ($q_{SB} = q_{FB}$) si le coût de financement est proche de zéro ($\lambda \rightarrow 0$).

Après simplifications (voir Annexe la partie « Détails des calculs de l'Essai 4 », section 5), le gain inhérent à la régulation s'écrit :

$$W_{SB|q=q_{SB}^*} - W_{|q=q_i^*} = \frac{\phi(q_{FB} - q_i^*)^2}{2(1 + 2\lambda)} \geq 0 \quad (59)$$

7 Conclusion

Le modèle théorique proposé dans cet article étudie les effets sur le marché de l'Internet d'un logiciel bloqueur de publicités, intégré ou non à un FAI, tant du point de vue des consommateurs que de celui du FAI et des fournisseurs de contenus.

Le modèle sans bloqueur de publicités, proposé en section 3, est adapté en section 4 pour rendre compte de l'arrivée d'un bloqueur de publicités. Dans ce nouveau contexte, les fournisseurs de contenus gratuits doivent supporter les frais d'inscription sur la liste blanche du logiciel bloqueur de publicités, sinon leurs messages publicitaires qui constituent leur unique source de revenus sont bloqués. À la suite de l'arrivée du bloqueur de publicités sur le marché de l'Internet, il est démontré que le nombre de fournisseurs de contenus gratuits est divisé par deux. La diversité des contenus est négativement impactée car même si certains fournisseurs de contenus gratuits migrent vers le modèle payant, d'autres en revanche sont évincés du marché car incapables de supporter le coût additionnel de l'inscription sur la liste blanche. L'effet d'un bloqueur de publicités sur la diversité des contenus est donc d'autant plus important que le surcoût de passer au modèle payant est élevé.

En revanche, l'effet de l'arrivée du bloqueur de publicités sur le profit du FAI est indéterminé, à cause des effets marginaux opposés du blocage publicitaire au niveau de l'accès à Internet, c'est-à-dire à cause des économies de coûts de congestion d'une part et des pertes de recettes des abonnements Internet¹⁴⁹ d'autre part. Le FAI a toujours intérêt à intégrer le bloqueur de publicités afin de maîtriser les effets marginaux du blocage publicitaire au niveau de son accès à Internet.

Néanmoins, l'intégration du bloqueur de publicités par le FAI n'est pas toujours socialement désirable ; tout va dépendre de l'ampleur des effets marginaux du blocage publicitaire au niveau de l'accès à Internet. Il est démontré que l'intégration est socialement désirable dans de nombreux cas, en particulier lorsque les effets marginaux du blocage publicitaire sur l'accès à Internet sont négatifs ou bien lorsqu'ils sont significativement positifs. À l'inverse, la fusion est socialement néfaste dans un nombre beaucoup plus limité de cas, en particulier lorsque les gains marginaux du blocage publicitaire sur l'accès à Internet sont faibles.

Même si l'intégration du bloqueur de publicités par le FAI peut s'avérer socialement désirable, le

¹⁴⁹ liées à la diminution de la diversité des contenus

niveau de congestion et de diversité des contenus sur le réseau ne se situent généralement pas à leur niveau optimal. Il revient alors au régulateur de mettre en place une régulation incitative de manière à se rapprocher d'un équilibre collectivement préférable. Pour cela, l'État devrait préconiser un prix du bloqueur de publicités et inciter au travers d'une compensation financière l'entité à suivre ses propres recommandations. Le coût de cette compensation nécessiterait alors la création d'un nouveau système de taxation auprès d'acteurs de l'économie : les fournisseurs de contenus, les consommateurs et le FAI.

En tout état de cause, les bloqueurs de publicités tel qu'Adblock Plus devraient continuer dans les années à venir à exercer une pression croissante sur les fournisseurs de contenus. Même si l'activité de blocage publicitaire n'est *a priori* pas illégale, une réflexion des décideurs et des régulateurs semble indispensable afin d'encadrer ce type d'activité. En effet, c'est bien le modèle économique des fournisseurs de contenus qui est remis en question avec toutes les conséquences à la fois positives (diminution des coûts de congestion) et négatives (diminution de la diversité des contenus) que cela implique. Cet article tente d'apporter un éclairage sur cette problématique très actuelle qui n'a pour l'instant fait l'objet, à notre connaissance, d'aucune recherche académique en Économie.

Des recherches supplémentaires, notamment empiriques, semblent nécessaires pour mieux apprécier les effets des bloqueurs à la fois sur les fournisseurs de contenus et sur la congestion des réseaux.

8 Bibliographie

- Adlittle. 2013. « National Fibre Strategies; national economic imperative or just another private industry task? »
- Aghion, Philippe, Stefan Bechtold, Lea Cassar, et Holger Herz. 2014. « The Causal Effects of Competition on Innovation: Experimental Evidence ». NBER Working Paper 19987. National Bureau of Economic Research, Inc. <http://econpapers.repec.org/paper/nbrnberwo/19987.htm>.
- Aghion, Philippe, Nicholas Bloom, Richard Blundell, Rachel Griffith, et Peter Howitt. 2002. « Competition and Innovation: An Inverted U Relationship ». Working Paper 9269. National Bureau of Economic Research. <http://www.nber.org/papers/w9269>.
- Alleman, James, Gary Madden, et Hak-Ju Kim. 2009. « Real Options Methodology Applied to the ICT Sector: A Survey ». SSRN Scholarly Paper ID 1354094. Rochester, NY: Social Science Research Network. <http://papers.ssrn.com/abstract=1354094>.
- Alleman, James, et Paul Rappoport. 2006. « Optimal Pricing with Sunk Cost and Uncertainty ». In *The Economics of Online Markets and ICT Networks*, édité par Professor Russel Cooper, Professor Gary Madden, Professor Ashley Lloyd, et Michael Schipp, 143-55. Contributions to Economics. Physica-Verlag HD. http://link.springer.com/chapter/10.1007/3-7908-1707-4_10.
- ARCEP. 2014. « Modèle générique de tarification de l'accès aux réseaux en fibre optique jusqu'à l'abonné en dehors des zones très denses ».
- Armstrong, Mark. 2006. « Competition in Two-Sided Markets ». *The RAND Journal of Economics* 37 (3): 668-91. doi:10.1111/j.1756-2171.2006.tb00037.x.
- Arnott, Richard, et Kenneth Small. 1994. « The Economics of Traffic Congestion ». *American Scientist* 82 (5): 446-55.
- Arrow, Kenneth. 1962. « Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention ». NBER Chapters. National Bureau of Economic Research, Inc. <https://ideas.repec.org/h/nbr/nberch/2144.html>.
- Arthur D. Little. 2013. « National Fibre Strategies; National economic imperative or just another private industry task? »
- Arvind Parmar, et al. 2015. « Adblock Plus Efficacy Study ».
- Australian Government. 2014. « Independent Cost-Benefit Analysis of the NBN ».
- Babaali, Nadia. 2013. « Sweden: a showcase for rural FTTH ».
- Bakos, J. Yannis. 1997. « Reducing Buyer Search Costs: Implications for Electronic Marketplaces ». *Management Science* 43 (12): 1676-92. doi:10.1287/mnsc.43.12.1676.
- Becker, Gary S., et Kevin M. Murphy. 1993. « A Simple Theory of Advertising as a Good or Bad ». *The Quarterly Journal of Economics* 108 (4): 941-64.
- Beltrán, Fernando. 2013. « Effectiveness and Efficiency in the Build-Up of High-Speed Broadband Platforms in Australia and New Zealand ». SSRN Scholarly Paper ID 2448250. Rochester, NY: Social Science Research Network. <http://papers.ssrn.com/abstract=2448250>.
- Booz&co. 2008. « Deregulation 2.0 how service-based competition can drive growth in the MENA Telecom Industry ».
- Bourreau, Marc, Carlo Cambini, et Pınar Doğan. 2012. « Access pricing, competition, and incentives to migrate from “old” to “new” technology ». *International Journal of Industrial Organization* 30 (6): 713-23. doi:10.1016/j.ijindorg.2012.08.007.
- Bourreau, Marc, Carlo Cambini, et Steffen Hoernig. 2012. « Ex ante regulation and co-investment in the transition to next generation access ». *Telecommunications Policy, Regulation and competition in communications markets*, 36 (5): 399-406. doi:10.1016/j.telpol.2011.11.024.
- Bourreau, Marc, et Pınar Doğan. 2001. « Regulation and innovation in the telecommunications industry ». *Telecommunications Policy* 25 (3): 167-84. doi:10.1016/S0308-5961(00)00087-2.

- Bourreau, Marc, et Pinar Doğan. 2004. « Service-based vs. facility-based competition in local access networks ». *Information Economics and Policy* 16 (2): 287-306. doi:10.1016/j.infoecopol.2003.05.002.
- Bourreau, Marc, Frago Kourandi, et Tommaso Valletti. 2015. « Net Neutrality with Competing Internet Platforms ». *The Journal of Industrial Economics* 63 (1): 30-73. doi:10.1111/joie.12068.
- Briglauer, Wolfgang, Georg Ecker, et Klaus Gugler. 2012. « Regulation and Investment in Next Generation Access Networks: Recent Evidence from the European Member States ». Paper. <http://epub.wu.ac.at/3447/>.
- . 2013. « The impact of infrastructure and service-based competition on the deployment of next generation access networks: Recent evidence from the European member states ». *Information Economics and Policy, ICT and Innovation*, 25 (3): 142-53. doi:10.1016/j.infoecopol.2012.11.003.
- Briglauer, Wolfgang, Stefan Frübing, et Ingo Vogelsang. 2014. « The Impact of Alternative Public Policies on the Deployment of New Communications Infrastructure – A Survey ». SSRN Scholarly Paper ID 2530983. Rochester, NY: Social Science Research Network. <http://papers.ssrn.com/abstract=2530983>.
- Briglauer, Wolfgang, et Klaus Gugler. 2013. « The deployment and penetration of high-speed fiber networks and services: Why are EU member states lagging behind? » *Telecommunications Policy*, Regulating and investment in new communications infrastructure Understanding ICT adoption and market trends: Papers from recent European ITS regional conferences, 37 (10): 819-35. doi:10.1016/j.telpol.2013.05.003.
- Calderon, Cesar, et Luis Servén. 2014. « Infrastructure, Growth, and Inequality : An Overview ». WPS7034. The World Bank. <http://documents.worldbank.org/curated/en/2014/09/20210994/infrastructure-growth-inequality-overview>.
- Cambini, Carlo, et Virginia Silvestri. 2012. « Technology Investment and Alternative Regulatory Regimes with Demand Uncertainty ». *Information Economics and Policy* 24 (3-4): 212-30. doi:10.1016/j.infoecopol.2012.08.003.
- Cave, Martin E., Antoine Fournier, et Natalia Shutova. 2012. « The Price of Copper and the Transition to Fibre ». SSRN Scholarly Paper ID 2200294. Rochester, NY: Social Science Research Network. <http://papers.ssrn.com/abstract=2200294>.
- Cave, Martin, et Ian Martin. 2010. « Motives and means for public investment in nationwide next generation networks ». *Telecommunications Policy* 34 (9): 505-12.
- Cheng, Hsing Kenneth, Subhajyoti Bandyopadhyay, et Hong Guo. 2010. « The Debate on Net Neutrality: A Policy Perspective ». *Information Systems Research* 22 (1): 60-82. doi:10.1287/isre.1090.0257.
- Choi, Jay Pil, Doh-Shin Jeon, et Byung-Cheol Kim. 2015. « Net Neutrality, Business Models, and Internet Interconnection ». *American Economic Journal: Microeconomics* 7 (3): 104-41.
- Commission Européenne. 2010. « Digital Agenda: Commission outlines action plan to boost Europe's prosperity and well-being ».
- Copeland, Thomas E. 2005. « How Much Is Flexibility Worth? »
- Crandall, Robert W., Jeffrey A. Eisenach, et Allan T. Ingraham. 2013. « The Long-Run Effects of Copper-Loop Unbundling and the Implications for Fiber ». *Telecommunications Policy* 37 (4-5): 262-81. doi:10.1016/j.telpol.2012.08.002.
- Curien, Nicolas. 2013. « Net Neutrality is Imperfect and Should Remain So! » EUI-RSCAS Working Paper 22. European University Institute (EUI), Robert Schuman Centre of Advanced Studies (RSCAS). <https://ideas.repec.org/p/erp/euirsc/p0337.html>.
- Curien, Nicolas, et Winston Maxwell. 2011. *La neutralité d'Internet*. La Découverte.
- Dixit, A.K., et R.S. Pindyck. 1995. « The Options Approach to Capital Investment ». *Long Range Planning* 28 (4): 129-129. doi:10.1016/0024-6301(95)94310-U.

- Dixit, Avinash. 1982. « Recent Developments in Oligopoly Theory ». *American Economic Review* 72 (2): 12-17.
- Economides, Nicholas. 2010. « Why Imposing New Tolls on Third-Party Content and Applications Threatens Innovation and will not Improve Broadband Providers' Investment ». SSRN Scholarly Paper ID 1627347. Rochester, NY: Social Science Research Network. <http://papers.ssrn.com/abstract=1627347>.
- Economides, Nicholas, et Benjamin E. Hermalin. 2012a. « The Economics of Network Neutrality ». *The RAND Journal of Economics* 43 (4): 602-29. doi:10.1111/1756-2171.12001.
- . 2012b. « The Economics of Network Neutrality ». *The RAND Journal of Economics* 43 (4): 602-29. doi:10.1111/1756-2171.12001.
- Economides, Nicholas, et Joacim Tåg. 2012a. « Network neutrality on the Internet: A two-sided market analysis ». *Information Economics and Policy* 24 (2): 91-104. doi:10.1016/j.infoecopol.2012.01.001.
- . 2012b. « Network neutrality on the Internet: A two-sided market analysis ». *Information Economics and Policy* 24 (2): 91-104. doi:10.1016/j.infoecopol.2012.01.001.
- Estache, Antonio, et Grégoire Garsous. 2012. « The impact of infrastructure on growth in developing countries ». *IFC Economic notes*.
- European Commission. 2010. « Commission Recommendation on regulated access to Next Generation Access Networks (NGA) ».
- FCC. 2015. « Report and order on remand, declaratory ruling, and order ».
- Federal Communications Commission. 2009. « In the matter of preserving the open Internet; broadband industry practices, Notice of proposed rule-making ».
- Fibre to the Home Council Europe. 2013. « FTTH Business Guide ».
- Firth, Lucy, et David Mellor. 2005. « Broadband: benefits and problems ». *Telecommunications Policy, Regional development and business prospects for ICT and broadband networks*, 29 (2-3): 223-36. doi:10.1016/j.telpol.2004.11.004.
- General Secretariat For Development Planning. 2008. « Qatar National Vision 2030 ».
- Hermalin, Benjamin E., et Michael L. Katz. 2007. « The economics of product-line restrictions with an application to the network neutrality debate ». *Information Economics and Policy*, 215-48.
- ICTQatar. 2013. « National Broadband Plan for the State of Qatar ».
- Idate consulting. 2014. « FTTH MENA Panorama Market at September 2014 ».
- Inderst, Roman, et Martin Peitz. 2012. « Market Asymmetries and Investments in Next Generation Access Networks ». *Review of Network Economics* 11 (1): 1-27.
- Katsianis, D., T. Rokkas, I. Neokosmidis, M. Tselekounis, D. Varoutas, I. Zacharopoulos, et A. Bartzoudi. 2012. « Risks associated with next generation access networks investment scenarios ». *IEEE Network* 26 (4): 11-17. doi:10.1109/MNET.2012.6246747.
- Kenny, Robert. 2015. « Exploring the costs and benefits of FTTH in the UK ».
- Koutroumpis, Pantelis. 2009. « The economic impact of broadband on growth: A simultaneous approach ». *Telecommunications Policy* 33 (9): 471-85. doi:10.1016/j.telpol.2009.07.004.
- Kraemer, Jan, et Lukas Wiewiorra. 2010. « Network Neutrality and Congestion Sensitive Content Providers: Implications for Service Innovation, Broadband Investment and Regulation ». Working Paper 10-09. NET Institute. <https://ideas.repec.org/p/net/wpaper/1009.html>.
- Krämer, Jan, Lukas Wiewiorra, et Christof Weinhardt. 2013. « Net neutrality: A progress report ». *Telecommunications Policy, Papers from the 40th Research Conference on Communication, Information and Internet Policy (TPRC 2012) Special issue on the first papers from the « Mapping the Field » initiative.*, 37 (9): 794-813. doi:10.1016/j.telpol.2012.08.005.
- Kroes, Neelie. 2011. « Investing in digital networks: a bridge to Europe's future ». SPEECH/11/623 Neelie Kroes Vice-President of the European Commission responsible for the Digital Agenda Investing in digital networks: a bridge to Europe's future ETNO Financial Times 2011 CEO SUMMIT.
- Kruger, Lennard G. 2013. « The National Broadband Plan Goals: Where Do We Stand? »

- Lee, Robin S., et Tim Wu. 2009. « Subsidizing Creativity through Network Design: Zero-Pricing and Net Neutrality ». *The Journal of Economic Perspectives* 23 (3): 61-76.
- Lucas, Karen. 2012. « Transport and social exclusion: Where are we now? » *Transport Policy*, URBAN TRANSPORT INITIATIVES, 20 (mars): 105-13. doi:10.1016/j.tranpol.2012.01.013.
- Marc Bourreau, Carlo Cambini. 2013. « My Fibre or Your Fibre? Cooperative Investment, Uncertainty and Access ». doi:10.2139/ssrn.2199831.
- McKinsey&Compagny. 2012. « A “New Deal”: driving investment in Europe’s telecoms infrastructure ».
- Mitomo, Hitoshi, et Toshiya Jitsuzumi. 1999. « Impact of Telecommuting on Mass Transit Congestion: The Tokyo Case ». *Telecommunications Policy* 23 (10-11): 741-51. doi:10.1016/S0308-5961(99)00059-2.
- Mobdia. 2012. « Understanding today’s smartphone user: demystifying data usage trends on cellular & Wi-Fi networks ».
- « Motives and means for public investment in nationwide next generation networks ». 2015. Consulté le juillet 7. <https://www-sciencedirect-com.bibliopam.ens-cachan.fr/science/article/pii/S0308596110000807>.
- Myers, Stewart C. 1977. « Determinants of corporate borrowing ». *Journal of Financial Economics* 5 (2): 147-75. doi:10.1016/0304-405X(77)90015-0.
- Nasse, Philippe. 2005. « Rapport sur “les coûts de sortie” ».
- Nitsche, Rainer, et Lars Wiethaus. 2011a. « Access regulation and investment in next generation networks — A ranking of regulatory regimes ». *International Journal of Industrial Organization* 29 (2): 263-72. doi:10.1016/j.ijindorg.2010.07.002.
- . 2011b. « Access Regulation and Investment in next Generation Networks — A Ranking of Regulatory Regimes ». *International Journal of Industrial Organization* 29 (2): 263-72. doi:10.1016/j.ijindorg.2010.07.002.
- Njoroge, Paul, Asuman E. Ozdaglar, Nicolas E. Stier-Moses, et Gabriel Y. Weintraub. 2012. « Investment in Two Sided Markets and the Net Neutrality Debate ». SSRN Scholarly Paper ID 1641359. Rochester, NY: Social Science Research Network. <http://papers.ssrn.com/abstract=1641359>.
- OECD. 2013. « Broadband Networks and Open Access ».
- . 2014. « Executive summary of the roundtable on financing of the roll-out of broadband networks ».
- Ofcom. 2007. « Future broadband-Policy approach to next generation access ».
- Opta. 2008. « Draft policy rules tariff regulation for unbundled fibre access ».
- Patrick Maillé, et Bruno Tuffin. 2014. « Le problème de la neutralité du Net est-il réglé? »
- Pil Choi, Jay, et Byung-Cheol Kim. 2010a. « Net Neutrality and Investment Incentives ». *The RAND Journal of Economics* 41 (3): 446-71. doi:10.1111/j.1756-2171.2010.00107.x.
- . 2010b. « Net Neutrality and Investment Incentives ». *The RAND Journal of Economics* 41 (3): 446-71. doi:10.1111/j.1756-2171.2010.00107.x.
- Pindyck, Robert S. 2007. « Mandatory Unbundling and Irreversible Investment in Telecom Networks ». *Review of Network Economics* 6 (3): 1-25.
- Raux, Charles, et Odile Andan. 2002. « Comment les péages urbains peuvent-ils satisfaire une politique d’agglomération ? » *Recherche - Transports - Sécurité* 75 (juillet): 115-30. doi:10.1016/S0761-8980(02)00009-2.
- Reggiani, Carlo, et Tommaso Valletti. 2012. « Net neutrality and innovation at the core and at the edge ». The School of Economics Discussion Paper Series. Economics, The University of Manchester. <http://econpapers.repec.org/paper/mansespap/1202.htm>.
- . 2016. « Net neutrality and innovation at the core and at the edge ». *International Journal of Industrial Organization*. Consulté le janvier 25. doi:10.1016/j.ijindorg.2015.12.005.

- Rendon Schneir, Juan, et Yupeng Xiong. 2013. « Economic implications of a co-investment scheme for FTTH/PON architectures ». *Telecommunications Policy*, Regulating and investment in new communications infrastructure Understanding ICT adoption and market trends: Papers from recent European ITS regional conferences, 37 (10): 849-60. doi:10.1016/j.telpol.2013.06.002.
- Robert W. Hahn, Scott Wallsten. 2007. « The Economics of Net Neutrality ». *The Economists* & #39; Voice 3 (6): 8-8. doi:10.2139/ssrn.943757.
- Rochet, Jean-Charles, et Jean Tirole. 2003. « Platform Competition in Two-sided Markets ». *Journal of the European Economic Association* 1 (4): 990-1029.
- Rohman, Ibrahim Kholilul, et Erik Bohlin. 2012. « Does Broadband Speed Really Matter for Driving Economic Growth? Investigating OECD Countries ». SSRN Scholarly Paper ID 2034284. Rochester, NY: Social Science Research Network. <http://papers.ssrn.com/abstract=2034284>.
- Schumpeter, Joseph Alois. 1934. *The Theory of Economic Development: An Inquiry Into Profits, Capital, Credit, Interest, and the Business Cycle*. Transaction Publishers.
- Shutova, Natalia. 2013. « Monopole naturel, marchés bifaces, différenciation tarifaire: trois essais sur la régulation de télécommunications ». Université Panthéon - Assas.
- Shy, Oz. 2002. « A quick-and-easy method for estimating switching costs ». *International Journal of Industrial Organization* 20 (1): 71-87. doi:10.1016/S0167-7187(00)00076-X.
- Sidak, J. Gregory, et David J. Teece. 2010. « Innovation Spillovers and the “dirt Road” Fallacy: The Intellectual Bankruptcy of Banning Optional Transactions for Enhanced Delivery Over the Internet ». *Journal of Competition Law and Economics* 6 (3): 521-94. doi:10.1093/joclec/nhq003.
- Singh, A.K., et V. Potdar. 2009. « Blocking online advertising - A state of the art ». In *IEEE International Conference on Industrial Technology, 2009. ICIT 2009*, 1-10. doi:10.1109/ICIT.2009.4939739.
- Tahon, Mathieu, Sofie Verbrugge, Peter J. Willis, Paul Botham, Didier Colle, Mario Pickavet, et Piet Demeester. 2014. « Real Options in Telecom Infrastructure Projects & #x2014; A Tutorial ». *IEEE Communications Surveys & Tutorials* 16 (2): 1157-73. doi:10.1109/SURV.2013.062613.00126.
- Tahon, M., S. Verbrugge, P.J. Willis, P. Botham, D. Colle, M. Pickavet, et P. Demeester. 2014. « Real Options in Telecom Infrastructure Projects #x2014; A Tutorial ». *IEEE Communications Surveys Tutorials* 16 (2): 1157-73. doi:10.1109/SURV.2013.062613.00126.
- Taruté, Asta, et Rimantas Gatautis. 2014. « ICT Impact on SMEs Performance ». *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, The 2-dn International Scientific conference „Contemporary Issues in Business, Management and Education 2013“, 110 (janvier): 1218-25. doi:10.1016/j.sbspro.2013.12.968.
- The Telecommunications Regulatory Authority. 2014. « Bahrain Telecom Pricing International Benchmarking ».
- UE. 2013. « Recommandation de la Commission sur des obligations de non-discrimination et des méthodes de calcul des coûts cohérentes pour promouvoir la concurrence et encourager l’investissement dans le haut débit ». Journal officiel de l’Union Européenne.
- van Schewick, Barbara. 2006. « Towards an Economic Framework for Network Neutrality Regulation ». *Journal on Telecommunications & High Technology Law* 5: 329.
- Wegener, Michael. 2004. « Overview of land-use transport models ».
- WIK. 2010. « Access pricing for copper and fibre: are the sums right ».
- WIK-Consult. 2011. « Wholesale pricing, NGA take-up ad competition ».
- World Health Organization. 2008. « Safer water, better health: costs, benefits and sustainability of interventions to protect and promote health ».

Conclusion générale

Cette thèse composée de trois chapitres a permis de mettre en évidence certaines problématiques auxquelles sont confrontés les décideurs publics dans le domaine des infrastructures de réseaux.

Le chapitre 1 apporte un bref aperçu, historique et prospectif, sur le développement des villes. La recherche en Économie permet d'expliquer les phénomènes urbains mais aussi d'envisager des politiques publiques adaptées. Les décideurs doivent notamment restreindre l'étalement urbain, la congestion routière et la pollution atmosphérique. Ils doivent aussi promouvoir des politiques actives d'investissement dans les infrastructures (transports collectifs, télécommunications, etc.). L'urbanisation croissante des territoires conditionne fortement le besoin en capacité des infrastructures dans les villes tandis qu'elle exacerbe les problématiques de couverture dans les zones les moins denses. Ainsi, les décideurs se doivent de mettre en place des mécanismes incitatifs pour le déploiement des infrastructures dans les zones rurales. Afin de maximiser la péréquation des coûts entre les zones denses et les zones moins denses, les décideurs se doivent aussi de contrecarrer les étalements urbains excessifs. Dans le domaine des transports, la congestion routière, associée à des investissements dans les transports publics, devrait avoir des effets positifs en incitant les usagers au changement modal. Malgré tout, des niveaux élevés de congestion peuvent ne pas inciter suffisamment les usagers à migrer vers les transports collectifs. Certaines politiques de transport tels que les péages urbains sont envisagés par les décideurs publics à condition que des modes alternatifs de transport soient disponibles. Transposé au secteur des télécommunications, ce type de condition devrait conduire les régulateurs à contrôler que les services spécialisés ne dégradent pas de manière excessive la qualité de service sur Internet. Ainsi, sous cette réserve, la vente de services spécialisés devrait apporter plus de souplesse et inciter les fournisseurs d'accès à Internet à investir et améliorer la qualité de service fournie aux consommateurs.

Le Chapitre 2 développe plus spécifiquement la problématique de l'incitation au déploiement des infrastructures. La solution, présentée à l'Essai 1, consiste pour le régulateur (ou l'État) à construire la menace crédible d'un nouveau réseau public. Ce type d'engagement peut avoir pour conséquence d'inciter l'opérateur historique à déployer son propre réseau. Dans ce cas, l'État n'a nul besoin

d'investir davantage dans le réseau, seul un faible coût d'engagement, irréversible, peut être suffisant pour rendre crédible la menace d'une infrastructure publique. Cette menace crédible devient alors un outil de régulation à part entière relativement puissant car elle ne biaise pas les signaux-prix du marché et ne nécessite *a priori* pas non plus un investissement massif de l'État. Dans tous les cas, que la menace crédible ait fonctionné ou pas, une régulation de l'accès *ex-post* est toujours indispensable. Le prix régulé doit toujours compenser l'opérateur historique pour le risque d'investissement. L'Essai 2 propose une approche pour prendre en compte le risque d'investissement d'un opérateur qui serait soumis à une régulation asymétrique. La prime de risque à inclure au prix régulé de l'accès assure que la régulation de l'accès ne dés-incite pas l'opérateur historique à investir et ne favorise pas l'opérateur historique au détriment d'entrant(s) et *vice versa*. Le cadre d'analyse proposé a été appliqué à la situation du marché fixe THD du Qatar. Enfin, il est démontré, à l'Essai 3, que les règles de la NN pourraient être relaxées, du moins temporairement, afin d'inciter les fournisseurs d'accès à Internet à investir, tout en protégeant à long terme l'Internet ouvert soumis au régime du *Best-Effort*. Cette politique de *regulatory holidays*, peut même s'avérer supérieure, en termes de surplus collectif, à la politique de la NN.

Si la priorisation de certains types de contenus ou une différenciation de services est possible et/ou souhaitable, en est-il de même de la pratique consistant à bloquer purement et simplement certains types de contenus ? Il semble que les blocages de contenus par les FAI soient unanimement contestés car ils mettent à mal la liberté des consommateurs. Pourtant, force est de constater que certains types de contenus créent, plus que d'autres, des externalités de réseaux. Aussi, les fournisseurs d'accès à Internet sont incités à bloquer, dans une certaine mesure, les contenus publicitaires. Le modèle théorique proposé au Chapitre 3 permet d'étudier les effets sur le marché de l'Internet d'un logiciel bloqueur de publicités. À supposer que la problématique de la NN ne se pose pas car les individus choisissent d'utiliser le bloqueur de publicités, il est démontré que le FAI a toujours intérêt à intégrer le bloqueur de publicités afin de maîtriser les effets marginaux du blocage publicitaire au niveau de son accès à Internet. Néanmoins, l'intégration du bloqueur de publicités par le FAI n'est pas toujours socialement désirable ; tout va dépendre de l'ampleur des effets marginaux du blocage publicitaire au niveau de l'accès à Internet. Il est démontré que l'intégration est socialement désirable dans de nombreux cas, en particulier lorsque les effets marginaux du blocage publicitaire sur l'accès à Internet sont négatifs ou bien lorsqu'ils sont significativement positifs.

De nouvelles problématiques et pistes de recherche ?

Les trois premiers essais de la thèse concernent la régulation des télécommunications. En particulier,

la régulation de l'accès et certaines règles de la NN peuvent s'avérer tout à fait adéquates pour protéger le consommateur final en lui assurant des prix compétitifs et un libre accès à l'ensemble des contenus sur Internet avec une qualité de service minimale. En réalité, le goulot d'étranglement entre le consommateur et l'ensemble des contenus et services présents sur Internet ne se situe pas uniquement au niveau de l'accès à Internet. En effet, le pouvoir de marché de certains fournisseurs de contenus et services ainsi que la relation qu'ils entretiennent avec les fournisseurs d'accès à Internet conviennent d'être jugulés.

Notons tout d'abord que si les conditions de la concurrence pure et parfaite ne sont pas satisfaites au niveau du marché de l'accès à Internet, celles-ci sont aussi loin d'être vérifiées au niveau du marché des contenus et services¹⁵⁰. En effet, au fil du temps, certains fournisseurs de contenus et services ont acquis un fort pouvoir de marché et érigé des barrières à l'entrée pour d'autres entreprises concurrentes. Alors que le pouvoir de marché des fournisseurs d'accès à Internet réside dans la détention d'un réseau impliquant des coûts fixes très élevés, à l'opposé, celui des fournisseurs de contenus et services sur Internet s'explique par la détention de données personnelles. Aussi, Neelie Kroes, à l'époque Vice-Présidente de la Commission Européenne et responsable de l'Agenda Digital¹⁵¹, déclarait en 2011 que « les données sont de l'or »¹⁵². La détention importante de données personnelles (sur les caractéristiques individuelles et les comportements de navigation) permet d'asseoir une puissance sur le marché publicitaire¹⁵³. Les quelques fournisseurs de contenus et services qui détiennent la grande partie des données personnelles érigent des barrières à l'entrée pour les autres concurrents qui sont dans l'incapacité de proposer des services aussi compétitifs (exemples des moteurs de recherche et des réseaux sociaux). Les régulateurs se sont déjà penchés sur cette question. En fin d'année dernière (2015), le Parlement et le Conseil de l'Europe sont parvenus à un accord¹⁵⁴. Parmi les nouvelles règles auxquelles devront se soumettre les entreprises d'ici deux ans,

¹⁵⁰ Etant donné le fonctionnement de l'Internet, on aurait pu s'attendre à l'inverse : n'importe quelle entreprise peut se connecter n'importe où sur le réseau et proposer un contenu (ou un service) directement accessible pour n'importe quel individu connecté sur le réseau

¹⁵¹ Ses fonctions ont pris fin en Novembre 2014

¹⁵² « *Just as oil was likened to black gold, data takes on a new importance and value in the digital age* » http://europa.eu/rapid/press-release_SPEECH-11-872_en.htm?locale=en.

¹⁵³ effet volume et effet qualité car la détention de données personnelles permet de mieux cibler la clientèle ce qui est très fortement valorisable auprès des annonceurs

¹⁵⁴ http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-15-6385_en.htm

celle de la portabilité des données personnelles devrait avoir pour effet de promouvoir la concurrence en services en réduisant les barrières à l'entrée pour les plateformes entrantes. En outre, les régulateurs sont particulièrement attentifs à la façon dont certaines entreprises acquièrent les données personnelles. Le principe qui veut que les individus doivent donner leur accord et être clairement informés de l'utilisation faite de leurs données personnelles ne semble pas toujours appliqué par certains fournisseurs de services. Toute l'année 2015 depuis le mois de mars, plusieurs autorités de protection des consommateurs issues de divers pays (France, Belgique, Pays-Bas, Espagne et Land d'Hambourg) ont enquêté conjointement sur les pratiques de Facebook. À partir de cette collaboration, en France, la Commission nationale de l'informatique et des libertés (CNIL) annonçait le 8 février que Facebook avait l'obligation de se plier dans les trois mois qui suivent la mise en demeure aux règles qui protègent le consommateur (définies dans la loi « informatique et libertés »), sous peine d'une sanction pouvant atteindre 1.5 millions d'euros. Parmi les manquements évoqués, la Commission accuse le réseau social de tracer l'ensemble des individus¹⁵⁵, même ceux qui ne disposent pas d'un compte Facebook. Par ailleurs, si l'individu doit être informé sur l'utilisation de ses données personnelles, à plus forte raison, il est doit rester libre de pouvoir supprimer définitivement et à tout moment certaines données détenues par les fournisseurs de contenus et services et/ou accessibles par l'ensemble des usagers d'Internet. Aussi, un bras de fer s'est opéré entre l'Europe et Google, ce dernier ne voulant pas répondre à la demande des usagers Européens de supprimer et rendre inaccessible certaines données dans l'ensemble des régions du monde¹⁵⁶.

Pour résumer, une intervention publique semble indispensable pour protéger les consommateurs face à certains comportements pouvant être qualifiés d'abusifs de la part des fournisseurs de contenus et services. En outre, une régulation *ex-post* semble nécessaire pour garantir un certain niveau de concurrence entre les acteurs, et surtout pour limiter et sanctionner tout abus de position dominante. Le problème se pose lorsqu'un moteur de recherche par exemple, en situation de position dominante, discrimine en faveur de ses propres services. En l'occurrence, Google est accusée de privilégier son service *shopping* au détriment d'autres concurrents. De même, le fait que la firme de Mountain view exclue, pour des raisons autres que de sécurité, certaines applications sur son *Play Store* (Google

¹⁵⁵ via des cookies placés dans les boutons « j'aime » des pages Internet

¹⁵⁶ <http://droit-finances.commentcamarche.net/faq/39882-formulaire-google-droit-a-l-oubli-adresse-et-mode-d-emploi>

<http://www.nextinpact.com/news/98516-droit-a-oubli-google-met-gomme-vers-effacement-mondialise.htm>

Play), pourrait être considéré comme une pratique anti-concurrentielle¹⁵⁷. Dans la même veine, Google est accusée par l'Europe et d'autres pays d'abuser de sa position dominante en préinstallant son *Play Store* sur les smartphones fonctionnant sous son propre système d'exploitation Android. En Russie, la peine est lourde pour Google, la firme doit verser 15% des revenus de 2015 liés à ses activités en Russie. Cette situation fait écho à des condamnations passées, comme celle à l'encontre de Microsoft, qui avait été accusée en Europe et aux Etats-Unis de préinstaller le navigateur Internet Explorer sur les ordinateurs fonctionnant sous son propre système d'exploitation Windows.

En conséquence, il semble que les enjeux de régulation se situent de plus en plus haut dans la chaîne de valeur, au niveau du marché de la fourniture des contenus et des services, du fait d'une concentration particulièrement forte de certains segments de marché.

Notons aussi que le marché des services et des contenus (FC) sur Internet et celui de l'accès à Internet ne sont pas étanches. En effet, les fournisseurs d'accès à Internet (FAI) et les FC ont la possibilité de signer des contrats qui sont susceptibles d'avoir des effets anticoncurrentiels sur le marché en aval (celui de la fourniture de contenus et services) et sur le marché en amont (celui de l'accès à Internet). C'est précisément le cas si un FAI signe un contrat d'exclusivité pour un service spécialisé avec un FC en situation de position dominante sur son marché. Ce service spécialisé peut par exemple permettre au service du FC d'être directement accessible via la box du FAI, avec une qualité de service garantie. En améliorant l'accessibilité des ménages au service du FC, ce type de contrat est susceptible de renforcer la position dominante du FC. De plus, le pouvoir de marché de l'opérateur est nécessairement renforcé car seuls ses propres abonnés ont accès au service en question. De la même manière, les accords de *zero rating* entre certains FC et opérateurs mobiles, peuvent avoir des effets dommageables du point de vue de la concurrence. En effet, si ces contrats incluent des clauses d'exclusivité, certains FC, qui fournissent des services substituables mais qui n'ont pas pu contracter avec le FAI, peuvent être particulièrement désavantagés¹⁵⁸. Les *zero ratings* ne font pas l'objet d'une régulation *ex-ante* à part entière aux Etats-Unis où seule une régulation *ex-post* est préconisée par la FCC. Aussi, l'avantage d'une telle régulation est d'évaluer puis de sanctionner au cas par cas les pratiques anticoncurrentielles. Néanmoins, le risque pour les consommateurs est de subir, au moins

¹⁵⁷ Google a par exemple retiré de son Play Store un bloqueur de publicités nommé Ad block Fast <http://www.presse-citron.net/a-peine-lance-le-bloqueur-de-publicites-adblock-fast-est-retire-par-google-play-store/>

¹⁵⁸ la consommation de données mobiles pour l'utilisation de leurs services est décomptée dans le forfait des consommateurs, ce qui les dés-incite à utiliser leurs services.

pendant une certaine période, des pratiques anticoncurrentielles, dans un contexte où le rythme de l'innovation et de l'évolution des usages s'est accéléré en quelques années.

Pour conclure, les questions de régulation sur le marché de l'Internet sont complexes. Elles incluent de nombreux acteurs, qui ne sont plus seulement des opérateurs de télécommunications. Le rôle des régulateurs et les champs d'application s'étendent. La régulation *ex-ante* comme *ex-post* sont indispensables pour réduire les pouvoirs de marché et éviter des abus de position dominante.

Même si ces problématiques ne sont pas spécifiquement traitées dans cette thèse, elles méritent d'être développées et traitées dans de futurs travaux de recherche. En effet, l'objectif des régulateurs est d'assurer le meilleur accès à Internet possible, mais surtout de promouvoir l'accessibilité des consommateurs à l'ensemble des contenus et services présents sur Internet.

Table des illustrations

Graphique 1: La ville piétonne traditionnelle. Source: Newman & Kenworthy (1999).....	20
Graphique 2: La ville des transports collectifs. Source : Newman & Kenworthy (1999)	23
Graphique 3: L'accessibilité des populations aux marchés locaux. Source : Solard (2010)	27
Graphique 4: Exemple type d'une ville fortement dépendante de la voiture individuelle. Source: Newman & Kenworthy (1999)	28
Graphique 5: La distribution des ménages à New-York et Atlanta. Source : US Census Bureau, Patterns of Metropolitan and Micropolitan Population Change	30
Graphique 6: La distribution cumulative des emplois dans trois grandes agglomérations américaines. Source: Glaeser & Kahn (2001).....	30
Graphique 7: Evolution de la population en âge de travailler (15-64 ans) au Nigéria et en Chine. Source: with data from UN (2012)	34
Graphique 8: Dispositions à payer des agriculteurs en fonction de la distance vis-à-vis du cœur de la ville mono-centrique	41
Graphique 9: La loi de rang-taille pour les 135 plus grandes agglomérations américaines en 1991. Source: Gabaix (1999)	49
Graphique 10 : Fluctuation de la congestion dans les transports	55
Graphique 11: Variation de la longueur des routes par habitant. Source : Ingram (1999)	56
Graphique 12 : L'usage de la voiture en fonction de l'intensité de l'activité. Source : Newman & Kenworthy (2006).....	60
Graphique 13 : Le choix modal en fonction de la densité des villes aux Etats-Unis. Source : Bertaud & Malpezzi (2003).....	60
Graphique 14 : la typologie des villes en fonction de la densité urbaine. Source : Newman & Kenworthy (2006), and cited in Lefèvre (2010)	61
Graphique 15: Saisonnalité journalière (hors weekend) du trafic Internet généré sur smartphone. Source : Mobidia.....	64
Graphique 16: Modélisation sous forme extensive du modèle de la menace crédible	96
Graphique 17 : Evolution du nombre de consommateurs de la fibre.....	128
Graphique 18: Prévision de la pénétration de la fibre.....	129
Graphique 19: Scénarios d'évolution de la pénétration de la fibre à partir de 2015	130
Graphique 20: Distribution des vitesses de pénétration inférieures à celle prédite pour 2015	131
Graphique 21: Prime de risque annuelle actualisée et transitoire	133

Graphique 22: Prime de risque annuelle par prise en fonction de la hausse maximale du prix régulé pour une régulation en 2015 et 2016.....	135
Graphique 23: Prime de risque totale et actualisée en fonction de la hausse maximale du prix régulé pour une régulation en 2015 et 2016.....	135
Graphique 24: Prime de risque annuelle par prise en fonction de la hausse maximale du prix régulé pour différents niveaux de variance	136
Graphique 25: Prime de risque totale et actualisée en fonction de la hausse maximale du prix régulé pour différents niveaux de variance	136
Graphique 26: Prime de risque annuelle par prise en fonction de la hausse maximale du prix régulé pour différentes dates de « switch-off » du cuivre.....	138
Graphique 27: Prime de risque totale et actualisée en fonction de la hausse maximale du prix régulé pour différentes dates de « switch-off » du cuivre.....	138
Graphique 28 : Prime de risque annuelle en fonction de la hausse maximale du prix régulé pour différentes périodicités du réajustement du prix régulé.....	140
Graphique 29: Prime de risque totale et actualisée en fonction de la hausse maximale du prix régulé pour différentes périodicités du réajustement du prix régulé.....	140
Graphique 30 : Demande pour les contenus gratuits et payants	196
Graphique 31 : Impact d'un bloqueur de publicité sur le marché de la fourniture de contenus.....	204
Graphique 32 : Ecart des équilibres de marché par rapport à l'optimum social	220
Graphique 33: Représentation des équilibres de second rang.....	223

Annexes

Urbanization : an overview¹⁵⁹

André de Palma¹⁶⁰¹⁶¹, Alexandre Guimard¹⁶²¹⁶¹

JEL classification: R0; R11; R12; R14

Keywords: urbanization, urban-growth, demography, forecasts, Zipf's law, externalities

¹⁵⁹ We are very grateful to Alessandra Michelangeli for her numerous and helpful comments, and to Huong Ngo for her helpful editorial support. We would like to thank Peter Newman, Xavier Gabaix, Edward Glaeser, and Alain Bertaud for their permission to reuse their figures, and for their suggestions.

¹⁶⁰ andre.depalma@ens-cachan.fr

¹⁶¹ Ecole Normale Supérieure de Cachan, Centre d'Economie de la Sorbonne, 61 Av. du Président Wilson, 94230, Cachan Cedex France

¹⁶² alexandre.guimard@ens-cachan.fr

0 Foreword

Historically, the concentration of people has always shifted. Individuals concentrated at some specific places for short periods of time and moved their habitats from one place to another. Several reasons may lead to “ephemeral cities”: events and effects of seasonality, or nomadism. First, the “ephemeral city” can be a place where a group of people meet from time to time. For example, individuals can periodically meet at some particular places (markets) to exchange goods but it does not necessarily lead to the emergence of cities. The reason of temporary concentrations could also be religious. As an example, people met in Mayan sites (with no permanent residents) for ceremonial settings Kostof (1993). According to Mumford (*The City in History*, 1961), when people were still nomads, sepultures were a point of concentration. Second, communities moved their habitat over time for reasons related to climate, natural resources (soil erosion, water resources...) and livelihood. For example, before the Neolithic Age, individuals hunted and fished to feed themselves and frequently moved their habitat.

As a matter of fact, the concentration of a large population size is not the prerogative of man. Indeed, a number of animals are referred to as social because they live in a community. These communities may include thousands of insects, as in ant colonies, or even several millions insects, as in communities of termites. These systems are extremely well regulated. For example, workers in the nests of termites manage to keep the temperature of the nest close to the ideal temperature (Deneubourg & Franks, 1995). These regulations are very different from those implemented in many other animal societies. These phenomena of self-organization involve large scale systems which could provide fruitful sources of inspiration for researchers in social sciences.

Around 6000 BC, only few thousands of people lived in cities, which is not much compared to the millions of people who are currently living in metropolitan cities such as Tokyo, Delhi, Mexico or NYC. The way cities emerge and grow depends on the historical context. We can roughly distinguish 2 types of cities, the pre-industrial cities and the post-industrial ones (Sjoberg, 1960). “Preindustrial cities depend for the production of goods and services upon animate (human or animal) sources of energy – applied either directly or indirectly through such mechanical devices as hammers, pulleys, and wheels”. The post-industrial cities depend on “inanimate sources of power [...] used to multiply human effort” and allowed by the invention of the steam machinery. After the industrial revolution, the production process and the modes of transportation stay roughly the same over time. The city was dense (Newman & Kenworthy, *The land use-transport connection: An overview*, 1996), with mixed land use, and “city dwellings often serve as workshops” (Sjoberg,

1960). After the industrial revolution, plants and new modes of transportation changed cities. The city became more spatially specialized and spread out. Urban sprawl increased even more after World War II and found its apogee with the automobile city during the seventies due to the democratization of the private car.

Cities are defined quite differently across countries and over time making comparisons very difficult: “Because of national differences in the characteristics which distinguish urban from rural areas, the distinction between urban and rural population is not amenable to a single definition applicable to all countries” (Chen, Lanzieri, & Mrkic, 2013). In China, for example, urban administrative areas “often include large stretches of farmland and sizeable rural population, thus inflating the urban population figures” (Chan, Henderson, & Tsui, 2008). The *hukou* system which “acted as an internal passport arrangement regulating mobility and granting people citizenship in the locality” makes the task of counting urban population in China even more difficult since a lot of migrants are not treated as permanent migrants in census data. However, it is necessary to have a common definition of what is a city in order to compare them around the world.

According to Mumford (*The Culture of Cities*, 1938), the city is “a point of maximum concentration for the power and culture of a community”. Marshall (*Urban land area and population growth: a new scaling relationship for metropolitan expansion*, 2007) recalls the definition of urban areas by the US Census Bureau: “The US Census delineates “urban areas” as areas based on the population density of a census block or block group being greater than 1000 people per square mile and the population density of surrounding census blocks being greater than 500 people per square mile (US Census, 2004). Urban areas (UAs) must have a population size of 50 000 or greater. UAs are delineated at the start of each decade”. In France, continuity of settlements and concentration of individuals are the key figures of cities. The definition of cities changed with the introduction of new concepts over time such as urban areas. In France, according to INSEE¹⁶³ “an urban unit is a municipality or a set of municipalities presenting a zone of built up continuous (no cut of more than 200 meters between two constructions) and with at least 2,000 inhabitants”. Since 1997, INSEE introduced the new concept of urban areas by allowing remote settlements to be part of a larger urban core. However, the core must have a large labour market (10 000 employees for large urban areas). Thus, many remote settlements are excluded because they are not included in an urban core as big enough in terms of total employees. It biases the analysis of cities over time and may lead

¹⁶³ <http://www.insee.fr/en/methodes/default.asp?page=definitions/unite-urbaine.htm>

researchers to think that rural areas resist from the urbanization process, whereas actually, according to Lévy (*Réinventer la France*, 2013) urbanization in France has been achieved. The proportion of urban areas is at its maximum level since even the more remote “rural” areas are connected to urban cores (peri-urbanization).

Worldwide, just a few years ago (by 2007), there were as many people living in cities as in rural areas. Urbanization is increasing in such a manner that, in 2050, 70% of total population will live in cities. In less developed countries, the growth of cities is substantial. In developing countries, between 2010 and 2015, 183,000 individuals will move to cities each day, leading to 91% of urban growth worldwide (Moreno, 2013). According to the United Nations (*World Urbanization Prospects The 2011 Revision*, 2012), in less developed countries, urban population will grow from 2.7 billion in 2011 to 5.1 billion in 2050. As a result, control of urbanization is often difficult to achieve.

This large gain is due to population growth and to rural exodus. From now to 2050, the total population worldwide will increase by 30% and urban population by about 70%, implying a large increase in the urban proportion. Total population worldwide will grow from 7 130 million in 2013 to 9 306 million of residents in 2050 (INED¹⁶⁴). Urban population will grow from 3.6 billion in 2009 to 6.4 billion in 2050 (UN, 2012). Between 2011 and 2030, both in the developed and the less developed countries, urban population will increase more than total population (0.52% vs. 0.23% and 2.02% vs. 1.07% respectively) but this trend will be evident in less developed countries. In developed countries, the increase of urban proportion will be moderate: urban population will increase by 100 million of residents between 2011 and 2050, whereas total population by only 70 million. In China, from 2035, total population will decrease (by -0.14% between 2035 and 2040) while urban proportion will keep growing (from 47% in 2010 to 61.9% in 2030) because rural exodus will remain in place.

Fast urban growth will mainly occur in medium and large cities. Mega-cities, defined as cities exceeding 10 million inhabitants are responsible for only 9.9% of total urban growth in 2011 and only 13.6% in 2025. Between 2000 and 2010, the number of cities above 10 million inhabitants increased by 35%; it grew from 17 mega-cities in 2000 to 23 in 2010.

¹⁶⁴ http://www.ined.fr/fr/tout_savoir_population/atlas_population

Urban growth is not homogeneous among regions. For example, the population of Cleveland decreased by 27.4% in only 12 years. The number inhabitants decreased from 501,662 in 1999 to 393,806 in 2011 because of industrial crisis. Urban growth is thus a function of historical time period but may differ across countries and cities. Cities do not grow in the same way, and there exist distinct urban growth patterns between cities around the World. Some cities grow faster than others, some are spreading away more than others. Large investments in road infrastructures and a high car detention can explain these disparities.

Despite the uniqueness of each situation, several regularities have been documented concerning urban development. A scaling law informs by how much in percentage terms cities' characteristics increase or decrease with mostly a one percent increase of the city size. There exist a scaling law between energy consumption and the city size, a scaling law between the level of crime and the city size, a scaling law between revenues and the city size, a scaling law between the city size and urban sprawl... The literature informs by how much, on average, urban sprawl increases in percentage terms for a one percent increase of the city size (Fuller & Gaston, 2009). At a lower scale level, we find also some regularities such as the constant share of travel expenditures in total revenues (Schafer, 2000). It is not surprising to find also regularities at the scale level of cities, in particular to find a rank-size rule i.e. a law that relates the population size of a city to its rank in the country's or world's ranking of cities by population.

The Zipf's law (rank size rule) postulates that the city growth rate is independent (of city size) and identically distributed such that cities are Pareto distributed. A related issue is obviously to explain the growth rate of cities, that is, why and by how much cities are growing. The concentration phenomenon of individuals and businesses is the outcome of two opposite forces: agglomeration forces and dispersion forces.

First, low transportation costs associated with high economies of scale encourage firms to be concentrated. A wider market access at the city core encourages firms' concentration. Second, at the city core, firms benefit from agglomeration economies through the effects of sharing and/or matching and/or learning due to more input suppliers and a larger labor market. For mature cities, knowledge spillovers are crucial. As explained in (Glaeser, Kallal, Scheinkman, & Shleifer, 1991), knowledge spillovers are promoted by diversification (Jacobs, 1969) or specialization of industries, and by either competition or monopoly. By contrast, competition, high rents and high wages encourage firms to locate farther away.

For households, agglomeration forces are related to high wages, the variety of the labor market, social amenities, the variety of goods and high transportation costs. The living conditions within cities are on average better than in rural areas and may explain why people are leaving rural areas for cities. As an example, in China, in 2002, on average, urban residents were more than twice as rich as rural residents (Sicular, Ximing, Gustafsson, & Shi, 2007). Per capita income increased by 152% in cities around the world between 1960 and 2010. Cities provide inhabitants better access to sanitation and water. Migrants who move to cities make their choice on the differential between the living conditions of rural and urban areas. Many refugees move to cities as well. In contrast to migrants, refugees “are forced or compelled to relocate by external forces” (Bates, 2002). Those people have to reach cities in order to survive. Indeed, global warming increases the number of environmental refugees who tend then to live in urban slums. Cities also host a large number of war refugees. Dadaab in Kenya is the largest refugee camp in the World where 500,000 refugees are living there. Originally built by the United Nation to be ephemeral, the refugee camp is now more than 20 years old. By contrast to agglomeration forces that cause people to concentrate, high rents, negative externalities such as noise, air pollution and the level of crime at the urban core, as well as preferences for natural amenities encourage households to locate in smaller cities or in suburbs of large metropolitan areas.

With new and faster modes of travel, households have incentives to relocate farther away from city center. When the urban developments are neglected, developers expand the city in the surroundings which fosters urban sprawl. Market failures lead some researchers to think that urban sprawl is naturally not optimal (Brueckner, 2000). First, commuters do not face the social travel cost. The private cost does not take into account the negative externalities imposed to others. Second, land price is underestimated because it does not fully internalize the amenity value of the open space¹⁶⁵. Third, the infrastructure cost of an additional development cost in infrastructure is equal to the average cost of infrastructures and not to the marginal cost. As a result, the infrastructure cost of an additional development is under-priced.

The location of firms is partially explained by agglomeration economies. Some agglomeration economies are based on externalities i.e. on positive effects from others (either suppliers, firms or workers) that are not internalized. In the presence of externalities, the market price does not reflect

¹⁶⁵ In particular, according to Brueckner (Urban sprawl: diagnosis and remedies, 2000), “open space provides city dwellers with an easy escape from the frenetic urban scene and a chance to enjoy nature. Such open-space benefits, however, are not taken into account when land is converted to urban use.”

the social value. For the case of urban development, the price of being located at some place differs from the social value. Thus, the concentration of firms is naturally not optimal. For Hotelling (Stability in Competition, 1929), cities were excessively large because of unpriced negative externalities. But “urban externalities are not necessarily negative, and increasing returns might be a strong force in favor of geographical concentration” (Fujita & Thisse, 1997). Hence, cities may also be too small. One thus has to anticipate the natural growth path of cities to develop tailored policies related to urban development.

By using the regularities relative to urban growth and individual behaviors, one can forecast the size and the internal structure of cities. Policymakers must either promote or restrict some specific urban developments in order to reach the optimal city size. Furthermore, important challenges are related to the internal structure of cities. The challenges that policymakers have to face, include traffic congestion, air pollution, natural disasters, and social inequalities. For instance, there will be a large increase in the development of cities on the seaside in Asia where natural disasters will be more frequent in this century. Developed countries are not exempted from natural disasters which are indicated by forecasts about the San Andreas Fault. According to the US Geological Survey of 2008: “... in the next 30 years... the overall probability of a magnitude 6.7 or greater earthquake in the Greater Bay Area is 63%.” Moreover, larger cities are more exposed to terrorism risk because of the “target effect” i.e. highly dense areas allow terrorists to target many people (Glaeser & Shapiro, Cities and warfare: The impact of terrorism on urban form, 2002); which explains why the density-weighted population can be a first simple proxy to evaluate risk exposure (Willis, 2007). The policymaker has limited resources to address all these challenges and need analytical tools to decide how to allocate optimally their resources (chapter 20 by Yoshitsugu Kanemoto in de Palma et al., 2011).

Moreover, there is a need to define the objective function, that is, there is a need to define the ideal city. Theories of ideal cities have been proposed by many researchers, architects, and geographers, who encountered a lot of difficulties in developing those theories. For example, Brasilia built between 1956 and 1960 by Lucio Costa and Oscar Niemeyer was an application of theoretical ideas developed by Le Corbusier and it was clearly a failure in terms of transportation. The city is car dependent because of its specific urban shape. Even if buildings include mixed services, the city itself is not a system of compact neighborhoods with mixed land use. It is divided in sectors and driving is necessary to travel among the different places. This is completely in contrast with the current vision of the ideal city as a system of compact districts with mixed land use, green spaces and a rich social life. Currently, the community prefers to define what is a sustainable city (Proost

& van der Loo, 2013). Many definitions of sustainability have been proposed. In the sense of Brundlandt in 1987: “Sustainable development is development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs”. In order to carry out sustainable policies not depending on the scale level, economists usually consider that the policymaker must integrate several components to make better decisions. The policymaker must have an intergenerational preference representation, preferences for social equity and he must internalize the negative externalities created by the city. As an example, the welfare function, useful to evaluate the efficiency of each policy relative to others, should include the policy impacts on households intercity migration, and the negative externalities of air pollution borne by other cities (e.g., the rise in sea levels, the costs of environmental refugees).

One may wonder to what extent policy makers have incentives to carry out sustainable cities. Usually, policy makers have interests in satisfying voters and attracting productive firms, individuals and foreign investments. More competition between cities will not necessarily lead to more sustainability. Yet, urgent issues have to be addressed. Policy makers must set up tailored sustainable policies. We can distinguish three major policies in areas of expertise of policy makers: transportation policies, land use policies and social policies. They intend to address the major and growing issues of cities which mainly include congestion, air pollution, urban sprawl, income inequality and social exclusion.

A transportation policy (cordon pricing, zoning, linear road pricing scheme, transit and road investments) is useful to deal with congestion, exclusion, air pollution (at the city scale level and at the global scale level) and urban sprawl in the long run. Indeed, in the long run, transportation policies which change accessibility thus influence location of households as well as businesses. Hence, a transportation policy does not only deal with travel flows. It can, for example, foster the effects of land use policies that are dealing with excessive urban sprawl.

Land use policies such as urban boundaries, development taxes, impact fees, green cordons and targeted subsidies to renew buildings are particularly dedicated to deal with excessive urban sprawl, to address the problem of the decreasing share of open spaces and the decline of biodiversity, and to protect historic buildings. Land use policies are not disconnected from other targets. Land use policies have inevitable consequences on transport demand. Specific renewal programs may want to deal with too much partitioning of social classes. However, a city manager is not exempted from the necessity to carry out specific social policies.

Social policies are particularly necessary to cut the increase of income inequality and provide public goods and services ranging from education to health and economic assistance.

Hence, policies are interconnected. Each expert must take into account the impact of other policies on his own field. The implication is that policy makers must work together to develop an efficient global policy enacted by different available policy tools. Because resources are limited, all goals cannot be achieved at the same time. Policy makers must make a trade-off between targets and invest more in one given policy than in others depending by how much each goal is weighted when entering in the welfare function (Hediger, 2000).

Hence, the sustainability of a city is not only dependent on the current and/or coming successful picture of the city through the prism of per capita revenues and urban growth. The sustainability of a city will depend on its capacity to be sustainable not only economically but also socially and environmentally.

The goal of this chapter is to describe and explain the development patterns of cities. Behind the uniqueness and the contextuality of urban pictures, we find some strong regularities in urban development and individual behaviors. It allows us to imagine the future outlines of major cities across the world and the main challenges for our current century. We deduce the need of public policies and cooperation at the global scale level to address the World sustainability.

The chapter is organized as follows: in Section 2, first, we briefly describe urbanization over the ages and space, from the very first cities in history to current Megalopolises such as Tokyo, Delhi, and Shanghai. Second, we recall standard models dealing with urban development to see to what extent they can explain the observed urbanization phenomenon.

In Section 3, we will shed light on the regularities concerning the internal structure of cities. The city size appears to have a major impact on a number of its characteristics. Some regularities (the scaling law of cities) concerned with the internal structure of cities either promote agglomeration or dispersion.

In Section 4, we will discuss the regularities between cities. First, we will explain the distribution of cities in terms of their size (the Pareto distribution of cities due to the Zipf's law). Second, we will describe and explain the strong regularities in the location of cities across the world.

In Section 5, we will shed light on the main foresights in developed, emerging and developing countries. The demographic forecasts for the end of the current century combined with the regularities of cities allow us to surmise the major changes and challenges to be faced by cities around the World.

We conclude with the need to coordinate policymakers around the world for the externalities created by cities, such as air pollution and the necessity of redistributive systems.

1 History of urbanization and first modeling stages

Performing a cross-sectional analysis one can observe that all cities are different in terms of size, urban shape, the density distribution within the urban core, congestion, and other internal characteristics. With a longitudinal analysis, we can also notice some regularities in the urban development of cities. Over time, the city radius grew from 2.5 km to 20 km, when the walking city changed to the automobile city (Newman & Kenworthy, *The land use-transport connection: An overview*, 1996). However, time spent on transportation remained roughly constant over time, approximately one hour per day. The increase in travel speed allowed people to increase distances travelled. According to Marchetti (*Anthropological invariants in travel behavior*, 1994), humans have cave instincts; therefore, the time exposure outside the cave is limited to 1 hour. There are also other theories that explain such statistical regularity of spending 1 hour on transportation.

To understand the city size, the spatial distribution, and the shape of cities, it is necessary to analyze the history of cities and their urban development. Based on observations, researchers have built models, which provide useful intuition to explain the development of the cities.

1.1 History of cities

1.1.1. Early stages of urbanization

At the early age of human societies, before Neolithic Age and the transition to Agriculture, our ancestors were nomadic. It is thus difficult to find marks of settlements dating before this historical time period.

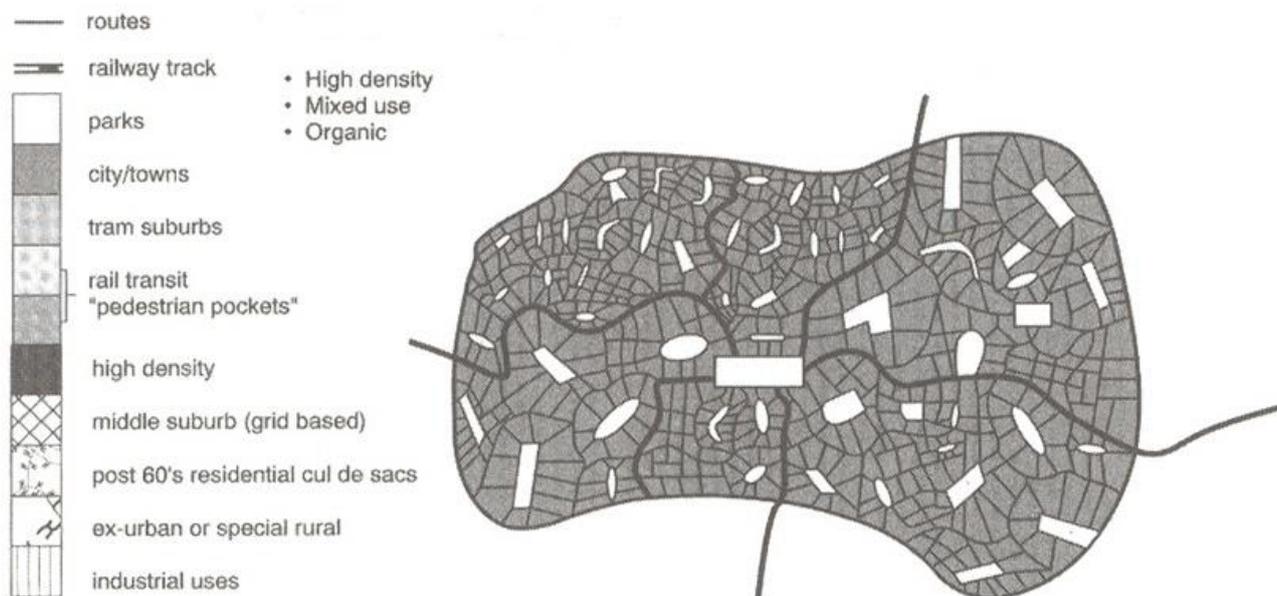
The “first cities” (not fully settled) were built from 10000 to 8500 BC and populated by few thousands inhabitants. One of the first cities, Jericho, was created during the Neolithic Age (from 9000 BC) along with Ain Ghazal, Catal Hüyük, and Khirokitia (Kostof, 1993). *A priori*, it seems

difficult to find remains of older cities because “Settlements or societies with no more than a few hundred members cannot sustain the degrees of specialization and sociopolitical power that we are accustomed to thinking of as urban” (Cowgill, 2004).

“Real cities” (fully settled according to Marcus, 1998), such as Uruk, emerged around 3500 BC in Mesopotamia, but their population was still limited to thousands. Some Mesopotamian cities can be considered as city-states because of their particular organization, but the existence of a regional integration is still in debate. In Egypt it has been proven that the region was fully politically integrated from the Early-Dynastic period between 3050 and 2700 BC.

The emergence of writing eased trade through registration and the invention of the wheel increased agricultural productivity while decreasing transportation costs. But, still, travel speed was limited. The modal share was restricted to either pedestrian and riding horses (Bairoch, 1991). As illustrated by Figure 1.1 (Newman & Hogan, *Urban Density and Transport: A simple model based on three city types*, 1987), cities were dense and their radius amounted to a few kilometers. Cities grew to reach millions inhabitants. In 1800, when Beijing was populated by 2-3 millions of people, it was the largest city. After the Industrial Revolution, Beijing was outnumbered by London.

Figure 1.1 The traditional walking city. Source: Newman & Kenworthy (1999)



1.1.2. History till modern age

Technological progress enabled people to travel at higher speed across lands, seas and oceans to trade with neighbors at lower costs. As a result, cities enlarged. After the successive hegemonies of Mesopotamia, Greece, the Roman Empire and Constantinople, China became very powerful. The

discoveries of compass and rudder indicated foreshadowed China technological advance. Thus, China was able to carry out far away expeditions. During the 15th century, Zheng-He built 70 boats, which were larger than those of Christopher Colombo 70 years later. With 30 000 individuals, they explored East Africa, South Asia and the Middle East. These expeditions and the large flotilla prove that the Chinese Empire had high financial capacities and advanced marina technologies.

Acemoglu, et al. (Reversal of fortune: Geography and institutions in the making of the modern world income distribution, 2002) documented a positive correlation between the level of urbanization and wealth. It is thus not surprising to find that cities in China were the largest until the Industrial Revolution took place in Europe. In contrast, over the entire period of 1300-1800, cities in Europe grew only by 20% (Bairoch, 1991) and at higher speed due to the industrial revolution.

1.1.3. The Industrial Revolution

Western Europe

The region gained power during the nineteenth century, especially Great-Britain, due to the Industrial Revolution. Countries which achieved this transition pattern of industrialization are richer today on average. As a matter of fact, secured property rights for all the population seems to be a necessary condition for the development of industrialization. Acemoglu (Reversal of fortune: Geography and institutions in the making of the modern world income distribution, 2002) argues that the poorest colonies in 1500 are on average richer today than the richest colonies in 1500. The differences of treatment by colonists explain this phenomenon. In the poorest colonies, colonists had incentives to create institutions with generalized property rights in order to promote growth as in their homeland. By contrast, in the richest colonies, colonists used elites to extract as many local resources as possible. Due to property rights being secured for few elites, the populace had obviously no incentives to invest. Elites did not want to invest too, because they feared losing their power and advantages with the new capitalist system. However, the process of industrialization required the investment of a large part of the population. This condition was only satisfied in colonies which secured property rights for the populace, that is, in the poorest ones (in 1500).

The Industrial Revolution emerged in Great-Britain which was not among the most urbanized countries: Belgium, Italy, Netherlands and Portugal (Bairoch, 1991). The Industrial Revolution found its origins on the mechanization of spinning (cotton mill due to Arkwright in 1769), and the use of coal for the production of iron (in 1709 by Darby, but expanded later during the nineteenth century), then in the steam machine of James Watt used from 1790. Technical innovations, such as the steam machine, were the results of a very long process of accumulation both in capital and knowledge from the early age of societies. The invention of the wheel (3500 BC) and methods of

irrigation generated surplus in the agricultural sector, allowing some citizens to focus only on intellectual production (i.e. sciences). Knowledge has been stored over time through writing (3400 BC), which promoted technological advances. The steam machine, one of the major technological advances in history, allowed for the production of energy without the need for animate sources (either from animals like cows or human labor). This allowed for the development of public transportation (trains) as well as the mechanization of production while staying independent from sources of water in contrast to cotton mills.

During the nineteenth century, Great-Britain began to be the fabric of the World. Agricultural, textile as well as iron and steel production largely increased. Iron and steel were necessary to produce machines, engines, railways, and gradually to construct buildings and eventually skyscrapers. The iron and steel industries needed to be located close to coalfields because transportation costs were still high despite the emergence of railways during the nineteenth century. Spinning industries were located close to train stations because cotton was mainly imported from abroad. Furthermore, industries were looking for lower wages in small and rural areas, which explains why during the Industrial Revolution, total population largely increased in small and medium cities and not as much in large cities. In 1700, with London, Norwich, Bristol, Newcastle or Exeter, were the most populated cities in Great Britain whereas Birmingham, Liverpool, Manchester, Leeds etc. were the major centers in the first phase of the Industrial Revolution (from 1700 to 1850). This did not apply to London where total population grew from 550 in 1700 to 2,320 thousands inhabitants in 1850.

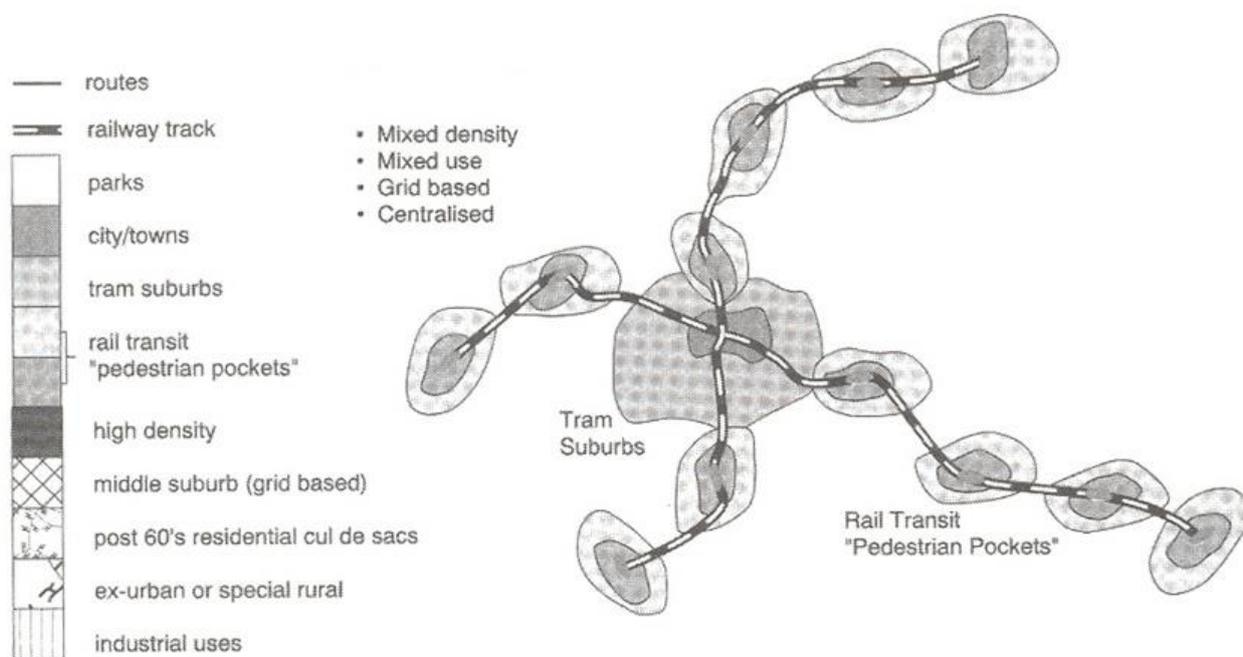
It was possible for Great-Britain to be the World fabric during the nineteenth century because the proportion of agricultural workers dropped from 75-80% in 1800 to 53-55% in 1910, concomitantly with agricultural revolutions. The first agricultural revolution started at the end of the seventeenth century due to cultivations techniques imported from Netherlands. The second came after 1870 due to reapers, combines, and fertilizers.

With the surge in urban density and poor sanitary conditions, diseases spread rapidly into the largest cities. During the nineteenth century, the life expectancy was even higher for those living in rural areas. The poorest were not able to afford public transportation (horse and wagon) at that time. At least the first half of the nineteenth century, the populace located close to the plants, and entertainment trips were limited.

The United States

Many cities in the country were built during the nineteenth century and grew after World War II. Before 1945, cities mainly developed around harbors and railheads (example of Boston and Detroit). Towards the end of the nineteenth century, street cars and trolleys allowed the highest income commuters to relocate farther away from the city center. The city thus expanded further in proximity to the train stations, developing into the “transit city” (see Figure 1.2). Moreover, the motorized freight enabled firms to locate farther away from harbors and benefit from lower rents. The first private car transportation developed during the twenties, but only the richest people could afford it. Such mode of transportation permitted them to locate between street-cars centers, and the city began to be spread more homogeneously. After the second half of the twentieth century, the automobile shaped the city structure; and the “transit city” were transformed into the “automobile city” (see Figure 1.4).

Figure 1.2 The transit city. Source : Newman & Kenworthy (1999)



1.1.4. Recent developments after the World War II

Western Europe

Many current city centers in the country correspond to the walking city of the medieval period, which explains why population density is high at the city hall in contrast to the US cities on average. Focusing on one of this country, i.e. France, after the World War II, people concentrated in urban cores such as in the Ile-de-France region (the administrative region where Paris is located), which was the most attractive in terms of net migration balance. Since 1970, the net migration balance turned negative (“Counter-urbanization” Berry, 1976) concomitantly with the extent of the

private car. Currently, the net balance is still negative, but the Ile-de-France region remains attractive for young workers. In the last few years, the South-West and the South of France attracted more and more people from all age brackets, except for the age bracket of 20-29 years old in South-West (INSEE, 2005)¹⁶⁶. Within the most attractive regions, high qualified workers in the age bracket of 30-59 years old accept lower wages, which can be explained because of better living conditions. Hence, differentials in wages may be used to assess the value of the quality of life (Roback, 1982). As a matter of fact, in 2012, according to a CSA survey, among Parisians who want to leave Paris, finding better living conditions is more important than lower living costs¹⁶⁷. According to Godefroy (Satisfaction dans la vie: les personnes se donnent 7 sur 10 en moyenne, 2011), with the data of the SRCV survey of the French statistical institution (INSEE), there is a slight decrease of the general life satisfaction with city size. Actually, the average life satisfaction in Ile-de-France is relatively high because of its young population. People looking for high quality of life and low rent may to some extent explain the trend between 1950 and 2000 in OECD countries, in which urban sprawl was massive, and urban areas doubled in only 50 years (Kamal-Chaoui, Trends in Urbanisation and Urban Policies in OECD Countries: What Lessons for China?, 2010).

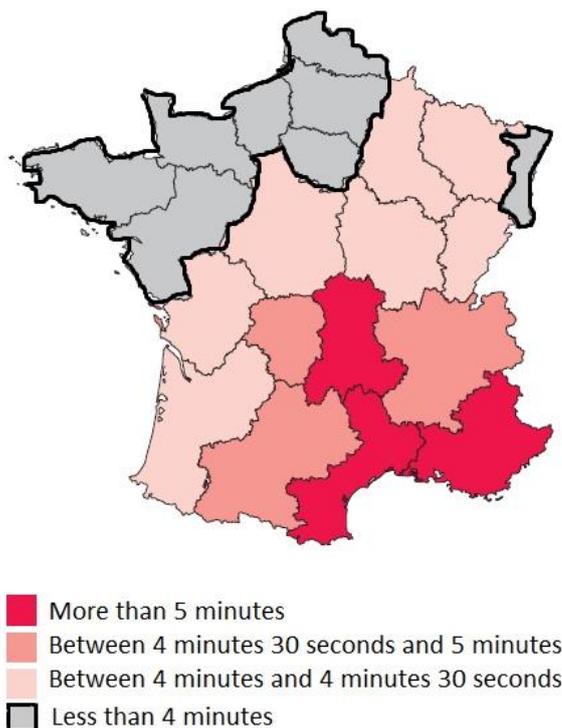
Urbanization is constantly increasing. One explanation is relative to technological improvements in agriculture which pushes up the urban proportion. Currently, the volume effect is not so important since the number of workers in agriculture is reaching a lower threshold. However, the proportion of the agricultural sector still decreased during the last decades, and dropped, for example, in France according to census data (INSEE¹⁶⁸) from 8.0% in 1980 to 3.4% in 2007.

¹⁶⁶ http://www.insee.fr/fr/themes/document.asp?reg_id=20&ref_id=16293

¹⁶⁷ <http://www.apce.com/cid134771/ces-franciliens-qui-revent-de-quitter-paris.html>

¹⁶⁸ http://www.insee.fr/fr/themes/document.asp?ref_id=T11F172

Figure 1.3 Accessibility to a local market. Source : Solard (2010)



Rural areas face a number of problems such as the problem of accessibility to local shops (see Figure 1.3). Their number is decreasing by -0.5% per year between 2002 and 2008. Many municipalities which face this issue the most are also the poorest. Altitude may explain accessibility because of longer travel times. Altitude is also part of natural advantages of one region, thus it must be correlated with revenues. In addition, the issue of accessibility to local markets is more a problem in the poorest regions because businesses look for a large market access. In contrast to rural areas, accessibility to local shops is increasing in large municipalities by 0.3% per year between 2002 and 2008, and by 1.5% in other cities. As a whole in France, the model of large supermarkets has plateaued since the beginning of the 21st century. Between 1999 and 2007, the number of little groceries is decreasing at lower rates (-5.1% between 1993 and 1999, -1.7% between 1999 and 2007 according to the INSEE¹⁶⁹). In large and dense cities such as Paris, the local groceries are increasing, but it is not necessarily correlated with more competition. For example, the Casino brand in Paris has 60% of total market share while Carrefour, the second largest one, has only 20% of market share (Authority for competition, in French: “Autorité de la concurrence”¹⁷⁰).

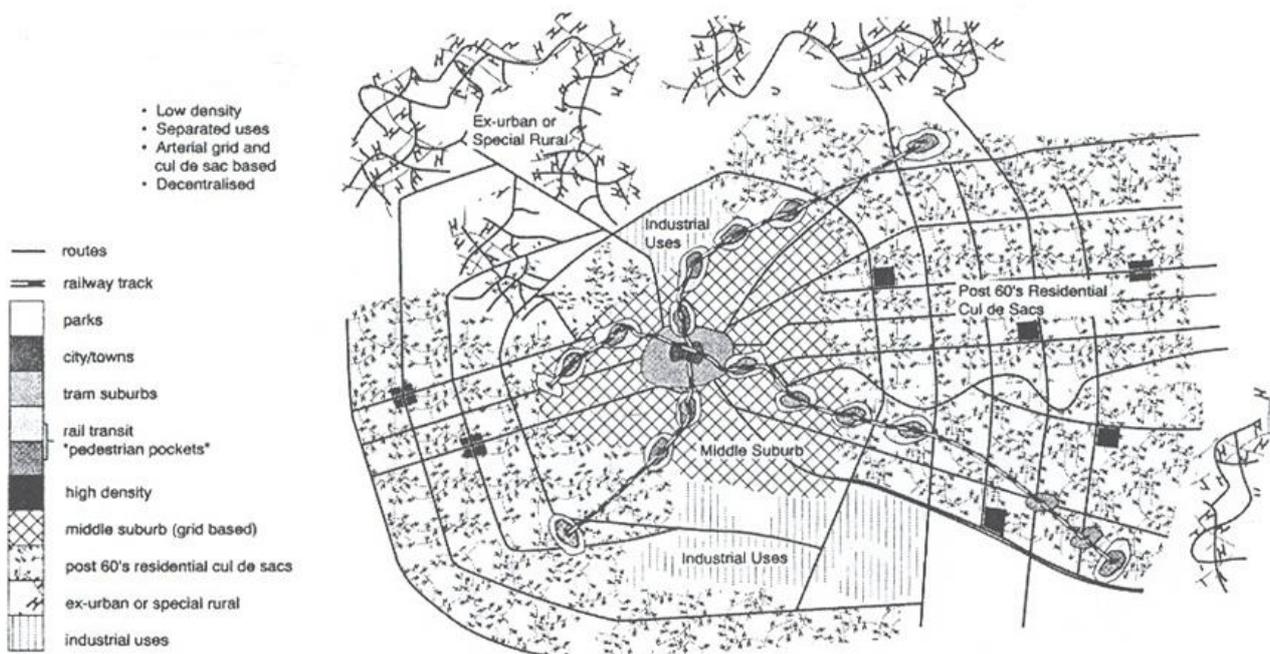
¹⁶⁹ http://www.insee.fr/fr/themes/document.asp?ref_id=ip1292

¹⁷⁰ http://www.autoritedelaconcurrence.fr/user/standard.php?id_rub=417&id_article=1751

The United States

After 1945 the private car was more affordable for the middle class, and cities spread further from the city center (see Figure 1.4). The businesses and the residents strategically chose to have access to the roads. From that time on, instead of harbors, the cities grew along highways. The phenomenon of expanding along the highways expanded even more in the seventies introducing the phenomena of “the edge cities” (Garreau, 1991). Urban sprawl grew concomitantly with the development of large shopping malls, and it largely affected the urban design of the US cities.

Figure 1.4 The automobile-dependent city. Source: Newman & Kenworthy (1999)



Even if the urban sprawl seems to be a transitional pattern due to the introduction of the private car as the main mode of transportation, it persisted over time. Between 1995 and 2005, the classical automobile cities such as Dallas, Denver, and Atlanta, attracted increasing amounts of residents in the urban belt, becoming the champions of urban sprawl growth (Kamal-Chaoui, Trends in Urbanisation and Urban Policies in OECD Countries: What Lessons for China?, 2010). However, the phenomenon of urban sprawl is not a rule of thumb for all cities across the US as some spread more than others.

Urban sprawl can be explained by the city enlargement and the distribution of the added population within the city. For example, population growth in Los Angeles and NYC is quite homogeneous across the city whereas in Dallas, Houston, and Atlanta, urban growth was preeminent in suburbs

distanced 20-25 miles from the city hall. Additionally, strong disparities appeared across automobile cities such as Dallas, Houston, Phoenix, and Atlanta. As an example, in Houston density is high close to the city hall, which is not the case for Dallas.

Furthermore, another explanation of the urban sprawl is a new spatial distribution of existing households within the city towards the suburbs and against the city hall. In Chicago, there are three major urban cores, the first at 6-7 miles, the second at 23-24 miles, and the last at 36 miles from the city hall, being a strong example of “polycentricism”. Population located in the area of 6-7 miles from the city hall decreased between 2000 and 2010, while the population increased substantially in the third zone. The third zone overtook the second in terms of total population size. In Cleveland and Detroit, the industrial plant shutdowns have negative consequences on the total population and the new spatial distribution of households towards suburbs.

Many explanations may be used to explain the changes in the location of households and firms (between and within cities) as described before. Obviously, the economic trends such as innovation, productivity, revenues are the major cause, but there exist also qualitative indicators. For example, quality of life, and accessibility encourage residents and businesses to locate in specific areas.

Actually, there are other reasons of internal migrations. Mortgage crisis cost people to leave their home and move from one city to another. It can substantially impact the city shape of cities, those who are losing residents and the others who host new households. In the US, between 2004 and 2007, residents had easy access to credit, thus cities increasingly spread. From 2008-2009, defaults increased, as well as foreclosure rates, and it induced a high increase in the percentage of vacant homes in many cities across the country (among others, Florida and Nevada). It is dramatic in terms of urban development because, ex-post, there is an excessive urban sprawl. Houses were built despite the fact that households were not affordable. Afterwards, news flows of households between cities were not necessarily globally optimal since the benefits of the new host cities did not take into account the costs of cities which were losing residents. It would be necessary to think about a situation which is, at the inter-city level socially optimal. In particular, one may ask, is it optimal to build new developments in new host cities such as in Texas? These cities need new infrastructures and the destruction of open spaces whereas in other cities, policymakers have to face the problem of vacant homes.

Former socialist countries

After the fall of USSR in 1991, cities from the former socialist countries fell into decline. Actually,

transition was achieved a few years ago, or is in the process of being achieved in cities such as Sofia (Bulgaria), Tbilisi (Georgia), and Yerevan (Armenia). Mostly, the growth rate became positive either from 2005 or 2010. Notice that Moscow did not suffer as much; between 1995 and 2000, the total population in Moscow grew at 1.67% per year.

The emerging and less developed countries

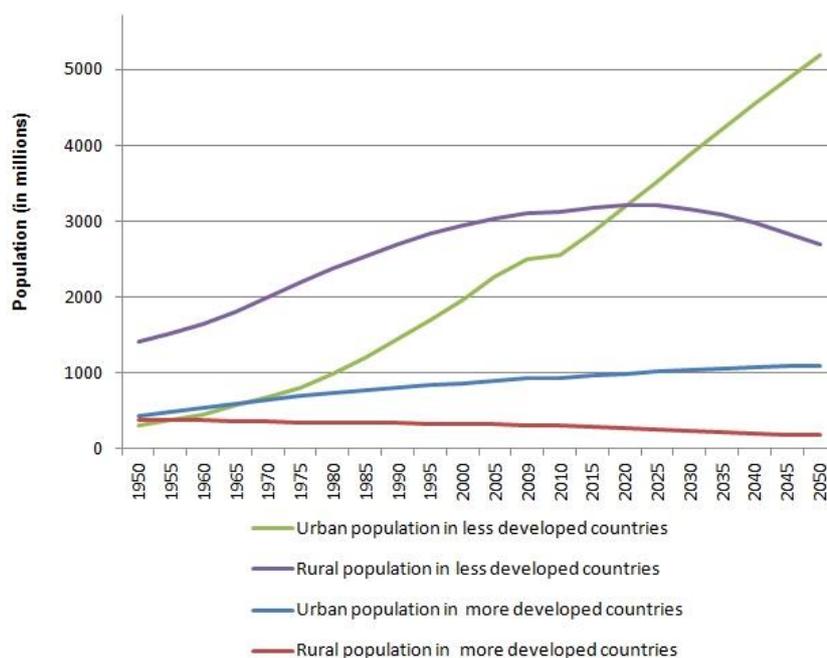
Since 1950, urban growth in developed countries is very low compared to the one in developing countries. In 1950, the total urban population in less developed countries was approximately equal to the one in more developed countries. By comparing the slopes of the curves of Figure 1.5, one can easily notice that the urban population in less developed countries increased much more than rural population. Since 1950, urban growth is higher in less developed than in more developed countries. Since 1970, the total number of people living in cities is higher in less developed countries than in more developed countries.

As an example, between 1950 and 2005, the urban proportion increases twice as much in China than in France (Kamal-Chaoui, Trends in Urbanisation and Urban Policies in OECD Countries: What Lessons for China?, 2010). Between 1990 and 1995, some cities in China increased by almost 20% per year. The population of Shenzhen, in 1990, was 875 thousand of people, and grew at such levels that the city was populated by 9 million inhabitants in 2010. As in other developed countries, some cities also declined in the last few years. As an example, total population of Pusan in the Republic of Korea, one of the largest seaports in the world, decreased since 1995, because the net migration balance is negative as indicated by the Statistics in Korea¹⁷¹. The decrease of total population is slowing down, such that in 2020, the population size will keep constant (UN, 2012).

¹⁷¹ In Pusan as well as in Seoul, “the numbers of move-out population are higher than those of move-in population” (Statistics of Korea, see:

[http://kostat.go.kr/portal/english/news/1/17/6/index.board?bmode=read&aSeq=273106&pageNo=&rowNum=10&amSeq=&sTarget=&sTxt=\)](http://kostat.go.kr/portal/english/news/1/17/6/index.board?bmode=read&aSeq=273106&pageNo=&rowNum=10&amSeq=&sTarget=&sTxt=)

Figure 1.5 Urban vs. rural population in less developed and more developed countries. Source: (UN, 2012)



Urban growth in China was more important at the seaside. Between 1998 and 2004, all the cities which increased their share in China GDP were at the seaside (Kamal-Chaoui, Trends in Urbanisation and Urban Policies in OECD Countries: What Lessons for China?, 2010). However, at the same time, taking into account underestimated inflation in official data (Tsui, 2007), interprovincial inequality increased, especially between hinterlands and coastal cities (i.e. Shanghai, and Shenzhen).

The urban growth in the largest cities is sometimes concomitant with more slums. The situation of some countries deteriorated during the last 2 decades. Wars and droughts are the major causes. In 2009, the proportion of urban slums reached 89.3% in Chad, 95.9% in Central African Republic and 76.4% in Ethiopia. In Iraq, the proportion of urban slums jumped from 16.9% in 2000 to 52.8% in 2009, as well as in Zimbabwe where it grew from 4% in 1990 to 24.1% in 2009.

In Rio de Janeiro, slums (*favellas*) set up more than one century ago at the end of the nineteenth century. Slums expanded due to rural exodus and flows of former soldiers. Shantytowns developed during all the twentieth century, especially during the decade of 1940, then during the urbanization process during the second half of the century. Slums in Rio de Janeiro, like in other megacities raise a number of important sanitary and security issues. These issues existed early in the history of *favellas*, at the beginning of the twentieth century (de Almeida Abreu & Le Clerre, 1994).

Governments always tried to handle slums in order to raise the value of lands or/and promote the

image of the city, for example in 1920, for the visit of the King of Belgium. All the attempts of renewal failed, like at the beginning of the twentieth century, or during the dictatorship in the seventies. During the eighties, the number of traffickers increased, and it raised even more of a problem of insecurity for residents. Between 1968 and 2005, education improved, however returns differentials from education between *favelas* and the developed areas of the city increased (Perlman, 2007). Fortunately, as a whole, the number of people living in slums is decreasing in Brazil. The proportion of slums dropped from 36.7% in 1990 to 26.9% in 2010 (Moreno, 2013); obviously, the last rates are still unacceptable.

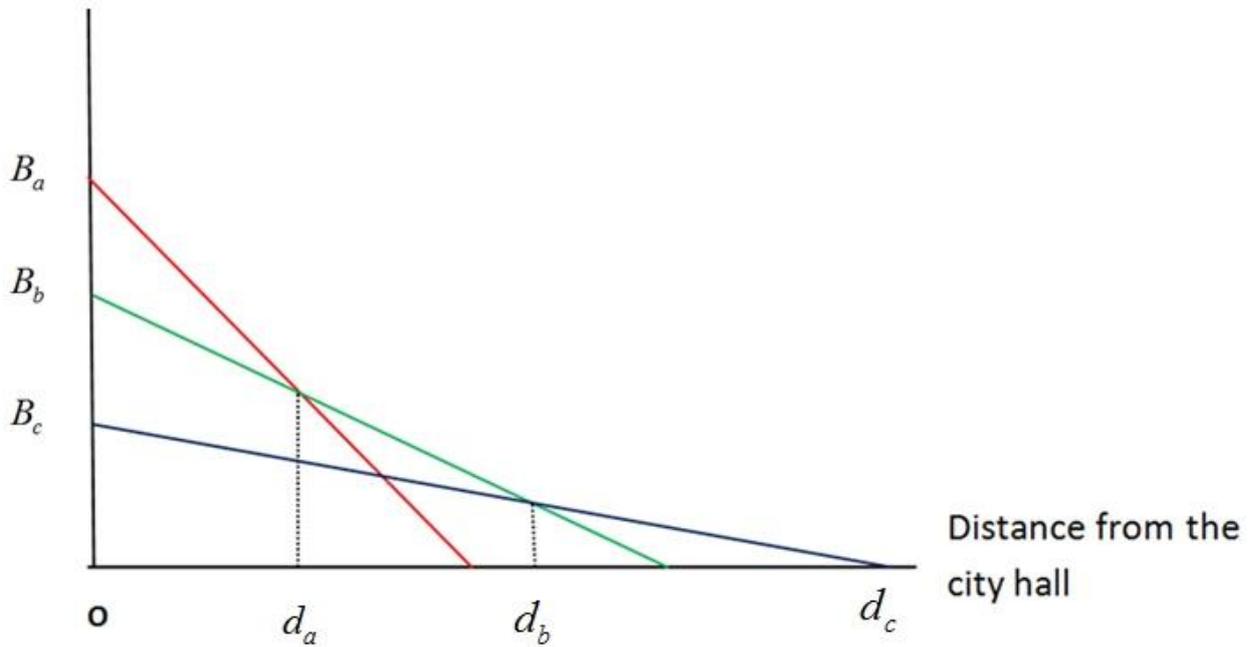
Globally, for two decades, sanitation is getting better and better around the world. On average, the proportion of urban population living in slums is decreasing significantly, especially in Asia. In China, between 1990 and 2009, the share dropped from 43.6% to 29.1%. The improvement is even more spectacular in India. It dropped from 54.9% in 1990 to 29.4% in 2009. However, the proportion is still very high in a number of countries. For example, it is 61.6% in Bangladesh, 76.2% in Madagascar, and 62.7% in Nigeria.

1.1.5. Simple models of cities

Many researchers studied the tailored models to explain why cities are growing, some more than others, in order to describe and predict the location of individuals and businesses among and within cities.

The first model of location is due to Von Thünen (1826). The bid rent, in other words, the willingness of farmers to pay for land rent, declines with distance from the city center because of higher transport costs. Some crops per unit of weight are more valuable than others, and the owner accepts the best bid. This model links rents to transportation costs, thus we have a location distribution of farmers within the rural area. The most productive crops are closer to the City Business District (CBD), and all other things equal, as well the farmers who incur higher travel costs (i.e. those who must take care of the cold chain). In the following Figure 1.6, the farmer type a has the highest bid rent (B_a) for all fields located at a distance lower than the distance d_a from the city hall. The farmer type b has the highest bid rent (B_b) for all fields located at a distance between the distances d_a and d_b . For locations farther away, the farmer type c has the highest bid rent (B_c).

Figure 1.6 Bid rents function of distance from the city hall



In the model of Von Thünen, at equilibrium, the additional benefits for farmers to locate closer to the city center (lower shipping costs) are exactly offset by the additional costs (higher land rents).

The reasoning of comparing the marginal benefits and the marginal costs to locate closer to the city hall is the same for households. In 1964, Alonso developed the monocentric model, in which all jobs are located at the CBD, and residents locate in the surroundings. As explained in Anas, et al. (Urban spatial structure, 1998), “the residential bid rent $b(x, \bar{u})$ at location x is the maximum rent per unit land area that a household can pay and still receive utility \bar{u} ”. We have:

$$b(x, \bar{u}) = \max_{z,l} \left[\frac{Y - T(x) - z}{L} \right] \text{ st. } u(z, l) \geq \bar{u}, \quad (1.1)$$

where, z is the amount of the numeraire good, L is the residential lot size, $T(x)$ is the commuting cost incurred by the resident located at distance x from the CBD, and Y is the total revenue of the individual which covers expenditures (commuting costs, rents and the consumption of the numeraire good). At equilibrium, residents do not have any incentives to move closer or farther away from the city center. At equilibrium, the saving costs in transportation by locating closer to the city center are just equal to the additional costs in rents. We have:

$$\frac{db(x, \bar{u})}{dx} = - \frac{T'(x)}{L(y - T(x), \bar{u})} < 0$$

where $L(y - T(x), \bar{u})$ is a function solution of the maximization problem 1.1, and $T'(x)$ is the first derivative of the commuting cost. This equation is the Muth's condition.

The monocentric model with congestion has first been introduced by Strotz (The Public Economy of Urban Communities, 1965) and Mills (An aggregative model of resource allocation in a metropolitan area, 1967). de Lara, et al. (Congestion pricing and long term urban form: Application to Paris region, 2012) used a monocentric model with congestion and endogenous roads investments in order to simulate the impacts of road pricing schemes on congestion and land use. Indeed, for a resident located at distance r , the travel cost $\tau(r)$ to get to the CBD is a function of the roads capacity, and the number of users. We have:

$$\tau(r) = \int_{\tau_c}^r c \left(\frac{N(x)}{L_T(x)} \right) dx,$$

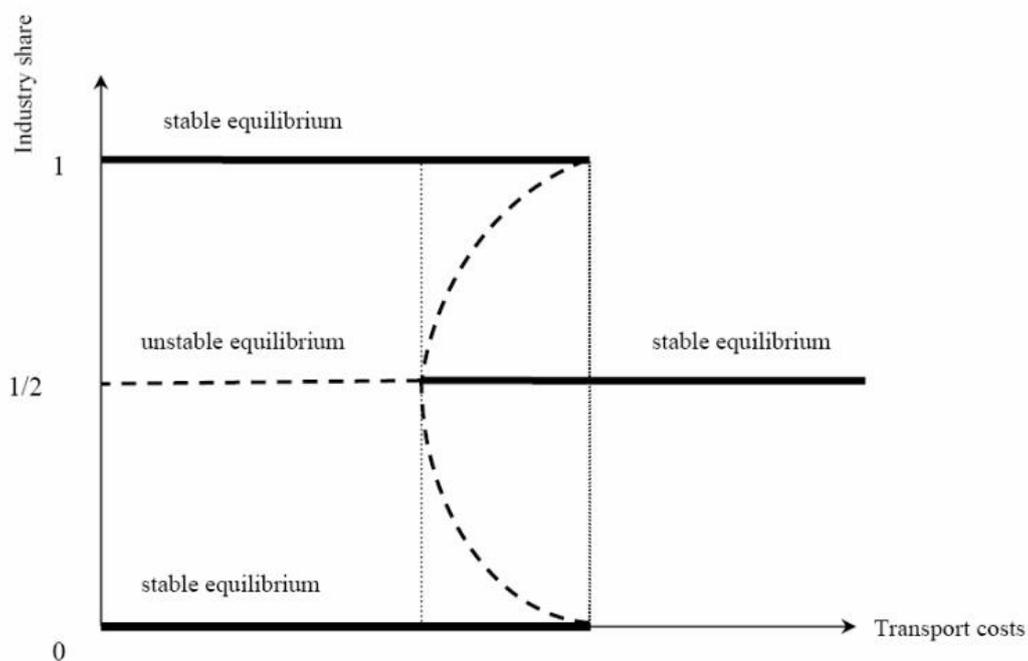
where $c \left(\frac{N(x)}{L_T(x)} \right)$ represents the transport cost at distance x . The function c is assumed to satisfy $c(w) > 0$, $c'(w) > 0$, and $c''(x) > 0$ for all $w \geq 0$. Let $N(x)$ denote the number of households located further away than x from the city center which is defined by a fixed radius r_c . Let $L_T(x)$ denote the amount of land devoted to transport at location x (control variable).

In a monocentric model, the location of businesses is fixed at the CBD. One explanation is that businesses are willing to pay higher rents than residents. It can be the case because firms may benefit more from concentration than residents. With large economies of scale and low transport costs (New Economic Geography) and/or agglomeration economies (urbanization and localization externalities, knowledge spillovers) businesses do have strong incentives to concentrate.

Internal economies of scale and transportation costs are the fundamental elements to explain concentration according to the New Economic Geography. Firms of the manufacturing sector incur fix costs which encourage them to concentrate activities at the same location, but they also want to be close to clients, to have a large market access, because of the existence of shipping costs. The core-periphery model (Lafourcade & Thisse, 2011) is useful to understand to what extent transportation costs are at the baseline of concentration *versus* dispersion, without considering the additional effects of input-output linkages, labor market pooling, knowledge spillovers and comparative advantages of classic international trade theories. Consider two sectors: the manufacturing sector and the agricultural sector. The agricultural sector is described by constant returns to scale, workers are immobile and there are no shipping costs in this sector. By contrast, the industrial sector is described by increasing returns to scale, and there are shipping costs. Each firm sells one type of differentiated output (no economies of scope). Firms have a market power which depends on the elasticity of substitution between varieties. Consumers have a preference for variety which means that utility increases with the number of producers in the city core. Workers of the

industrial sector are mobile between the two regions (the core and the periphery). Consider an increase in workers in one given region. It will induce a more than proportional increase of the share of industrial firms because more workers means more consumption, and firms benefit from economies of scale which will attract even more firms (*the home market effect*). Thus, the given region will be more specialized in the industrial sector which is not explained by comparative advantages. Prices will decrease because of more competition within the industrial sector (*the strategic effect*). Firms also need more labor, which leads nominal wages to increase (*the demand effect on the labor market*). Thus, even more people will move because first, they have a preference for variety, second, real wages increase. The flow of new dwellers will imply nominal wages to decrease in the labor market (*the supply effect*). Hence, the global effect on wages is undetermined. More competition in the urban core reduces the firms' mark-up which constitutes a dispersion force. If transportation costs are sufficiently low, all firms will concentrate in one of the two regions as illustrated in the following Figure 1.7, and especially in the urban core if firms have a larger market access. Low transportation costs allow firms to ship their products at low costs to the immobile class of workers of the agricultural sector.

Figure 1.7 Transport costs and industry share when labor is mobile. Source: (Lafourcade & Thisse, 2011)



So far, we have not introduced input-output linkages. Concentration may be additionally enhanced by input-output linkages, labor market pooling, and knowledge spillovers. In particular, Combes, et al. (The productivity advantages of large cities: Distinguishing agglomeration from firm selection, 2012) found for France, based on data for 341 employment areas, between 1994-2002, that firms in

denser employment areas are on average 9.7% more productive than others in less dense employment areas. Among other explanations, firms may be more productive with the number of inputs suppliers. It is the case if the production function is a CES function type as follows:

$$x = z_0^\alpha \left(\int_0^n z(w)^\rho dw \right)^{\frac{1-\alpha}{\rho}}.$$

The production x is a function of constant returns to scale in the homogeneous input z_0 and the differentiated inputs $z(w)$. The output elasticity of the homogeneous good is equal to α . Let ρ denote the degree of substitution between the differentiated inputs. The less inputs are substitutes, the more producers have a preference for variety and the more they are productive with the number of input suppliers.

In a model of individuals and activities location, consider the case where there are only knowledge spillovers to explain agglomeration economies. Firms share knowledge that are not internalized. A polycentrism pattern may appear if transportation costs are high enough relative to the degree of knowledge spillovers (Fujita & Thisse, 1997). But still, in all cities, as seen previously, the city center is denser, and population density decreases with distance from the city hall (the same appears for rents).

In addition, the number of large centers is smaller than the number of sub-centers. The number of large cities is smaller than the number of medium and small cities. Those facts are addressed by the rank-size rule or the Zipf's law. There seems to exist a kind of hierarchy of cities and urban centers in terms of city size and function. The central place theory of Christaller (Die zentralen Orte in Suddeutschland, 1933) explains that cities at an upper level of the hierarchy are larger and more diversified. Moreover, the distance between large cities is longer than between small cities.

Individuals may choose to travel longer distances to get to a large market which holds a lot of diversified products. It allows them to buy uncommon goods which they could not find among local merchants. Local merchants reversely sell common goods that are frequently bought by local residents. As explained by the law of retail gravitation by Reilly (The Law of Retail Gravitation, 1931), the market area of a city increases with its size, with the ability to sell more products, and we have:

$$d_{xb} = \frac{d_{ab}}{1 + \sqrt{\frac{P_a}{P_b}}},$$

where d_{ab} is the distance between the two cities a and b , and d_{xb} is the radius of the market area of the city b which is increasing with its mass P_b and decreasing with the mass P_a of city a .

There exist also incentive mechanisms among firms that lead them to concentrate and sell differentiated products. First, Hotelling (Stability in Competition, 1929), with the minimum product differentiation explains that businesses tend to concentrate at the central urban core to catch more clients. Actually, with price competition and a quadratic transport cost function, it has been shown that firms have incentives to be strongly spatially differentiated (d'Aspremont, Gabszewicz, & Thisse, 1979). How much businesses will concentrate will depend on transportation costs compared to the level of products differentiation. It can be shown that when transportation costs are relatively low, and firms are differentiated, then firms tend to concentrate, that is, to be less spatially differentiated (de Palma, Ginsburgh, Papageorgiou, & Thisse, 1985).

To sum up, first, businesses have incentives to concentrate and sell differentiated products. Second, for non differentiated and frequent products many firms should be also homogeneously located over the urban area, which creates smaller sub-centers. This effect implies a distribution of cities in terms of city size and function, a hierarchy of cities in the sense of Christaller.

2 Regularities about the internal structure of cities

Businesses concentrate because they benefit from localized natural advantages as well as agglomeration economies. The city size thus increases, and characteristics of the city change. Then, the city can become more or less attractive through agglomerations forces versus dispersion forces. We will discuss below some regularities related to the internal structure of cities; in particular the scaling laws that link the size to the characteristics of cities.

2.1 The scaling laws

Cities are of different sizes but obey as a whole to scaling laws. Indeed, there are correlations between the size and a number of characteristics of cities such as the population rank, energy consumption, expenditures in infrastructure, revenues per capita, and crime. Only a few of them will be discussed in this chapter. Following Bettencourt (Growth, innovation, scaling, and the pace of life in cities, 2007), each city characteristic can be expressed as a power law function of the size as follows:

$$Y(t) = Y_0 N(t)^\beta \text{ with } \beta \geq 0, \quad (1.2)$$

where $N(t)$ is the city size at time t , $Y(t)$ denote a characteristic of the city at date t (per capita income for example), and Y_0 is a normalization constant. If β is equal to 1, the given characteristic increases by 1% with a one percent increase of the city size.

2.2 Urban sprawl

Land resources are obviously limited, which implies that an increase in the population size naturally involves urban sprawl. Marshall (Urban land area and population growth: a new scaling relationship for metropolitan expansion, 2007) found, for the US cities, that the scaling rate is equal to 2, that is to say, urban area increases twice as much as the population size (in percentage terms). When the city size increases by 1%, population density decreases by 1% too. By contrast, Fuller and Gaston (The scaling of green space coverage in European cities, 2009) found that larger cities are not denser.

In the monocentric models, larger cities are denser. When the city size increases, the urban boundary is moving away but the city is denser, rents are higher and decrease more rapidly with the distance from the CBD. Thus, the polycentric urban structure of cities may explain why urban area increases as much as city size, that is to say, why larger cities are not more compact. In a pure monocentric city, all jobs are centrally located. In a polycentric city, there are labor pools in suburbs as well. Hence, to evaluate the urban structure of the city, one may want to estimate the density of jobs and the population along the distance line from the city hall. Following Clark (Urban population densities, 1951), the urban density can be expressed as an exponential law, which is a function of distance from the center of the city:

$$D(r) = Ae^{-\gamma r},$$

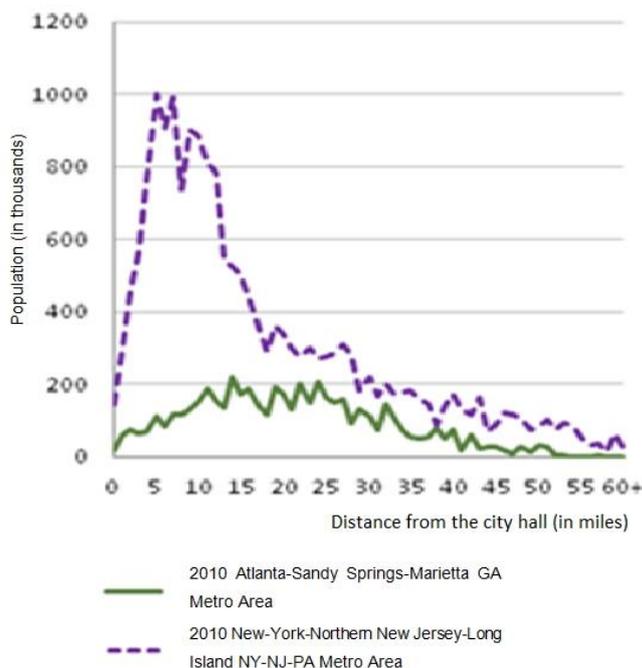
where $D(r)$ is the density at distance r from the center of the city, γ is the density gradient, and $A = D(0)$ is the urban density at the center of the city. It follows the cumulative population size at a distance r from the city center (Clark (Urban population densities, 1951), Bussière (Modèle de localisation résidentielle, 1972)). The population size at distance r from the city center is equal to the population density multiplied by the surface area. Yet, at distance r from the city hall, the surface area is infinitely small, equal to the perimeter $2\pi r$. Hence, the cumulative population size at distance r , $P(r)$, is given by the following integral:

$$P(r) = 2\pi \int_0^r rD(x) dx.$$

A positive density gradient indicates that density is decreasing with distance. The density gradient decreased over time (Muth, 1969; Mills, 1972) because cities spread from the city center. In addition, the density gradient differs between residents and firms. It is higher for firms, and it is decreasing over time. This means that firms are more centrally located and follow the de-concentration of people (Mieszkowski & Mills, 1993). The decentralization of jobs made the city

more and more polycentric, and it may be then important to estimate the density gradient in the more complex case of complementary sub-centers (Small & Song, 1994).

Figure 1.8 The distribution of residents in NYC and Atlanta. Source: US Census Bureau, Patterns of Metropolitan



The urban shape mainly differs across cities. Indeed, as illustrated in Figure 1.8¹⁷², the urban population¹⁷³ of NYC is very concentrated close to the city hall, at a distance of 10 miles from the city hall. By contrast, in Atlanta, the urban population is more spread away, the pick of the population is farther away, at a distance of 20 miles from the city hall, and the population curve is smoother along the distance line. Moreover, by focusing on the proportion of jobs located close to the city hall (Glaeser & Kahn, Decentralized employment and the transformation of the American city, 2001), one can easily notice that Chicago and Los Angeles are more polycentric than New York City (see Figure 1.9). Indeed, in NYC, more than a quarter of total employment is at the city hall. On contrary, in Los Angeles, almost all firms are located in the surroundings of the city hall. For all three cities, NYC, Los Angeles and Chicago, total employment is located at a distance below 25 miles from the city hall since the cumulative distribution for that distance is equal to 100%. Furthermore, the proportion of commuting-in in total daytime population is largely lower in NYC

¹⁷² http://www.census.gov/population/metro/data/pop_pro.html

¹⁷³ Population in kilometer distance bands measured from city hall

than in Los Angeles¹⁷⁴. In consequence, because NYC is more monocentric, one may expect that an increase in population size will produce a denser city.

2.3 Congestion

Congestion is a major issue for most of the largest cities because of the costs in terms of travel time and the harm from greenhouse gas emissions. The level of congestion, on average depends on the shape (polycentricity and monocentricity), and the size of the city. Between 1982 and 2011, congestion increased in almost all cities. In Washington DC in 2011, the yearly hours of delay per auto was 67 in comparison to 35 in Phoenix (Texas A&M Transportation Institute)¹⁷⁵.

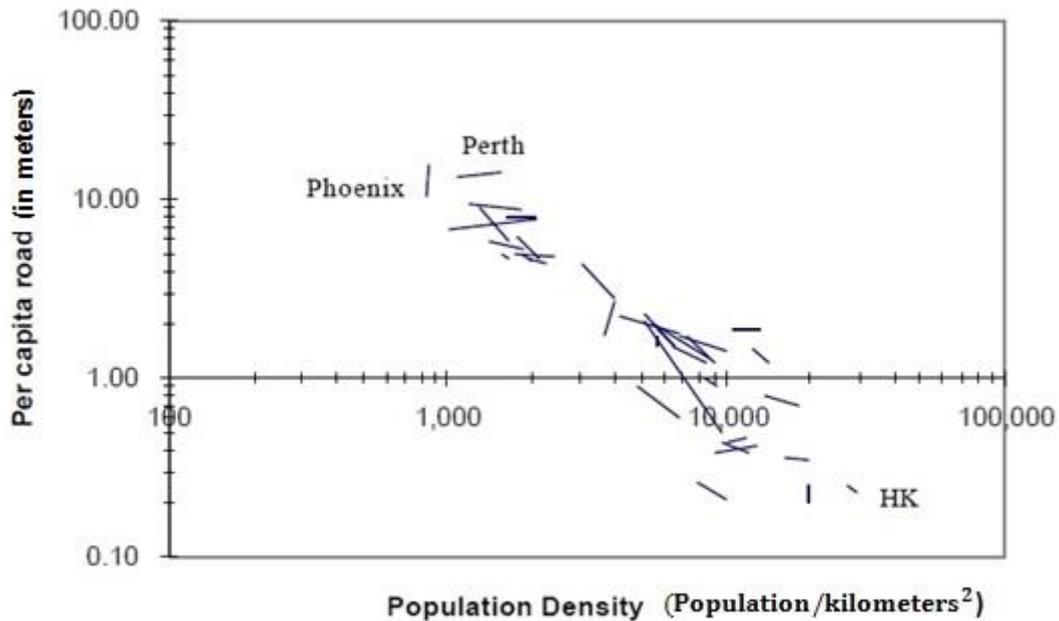
In the monocentric city model, since all jobs are located at the CBD, an increase in the city size necessarily implies more congestion. Congestion encourages residents to either locate closer to the city hall or to leave the metropolitan area for a smaller city. Investments in road infrastructure reduce congestion for those who are currently using their car, but it can also change the modal share. Large road investments in the US from 1956 promoted car use as well as urban sprawl because travel speeds increased.

At the city level, based on the selection of major World cities (Ingram, *Motorization and Road Provision in Countries and Cities*, 1999), the road network density (the road length per land area) is almost constant, which means that the increase in the length of the road network was possible due to the annexation of new land areas. This explanation seems reasonable since urban land is very valuable, i.e. there is an important opportunity cost to increase the road network in cities. As a matter of fact, the saturation level of the road network density in cities was estimated to be 23 kilometers of road per square kilometer of land area. Thus, even if the population size increases, the road network cannot extend above some levels. Yet, the road length per capita (in meters) is strongly correlated with urban density (population per square kilometers). As illustrated in the following Figure 1.10, if the urban density increases by one-percent, the road length per capita decreases by one-percent. Thus, when the urban density increases, traffic congestion should increase too.

¹⁷⁴ <http://www.census.gov/hhes/commuting/data/daytimepop.html>

¹⁷⁵ <http://mobility.tamu.edu/ums>

Figure 1.10 Changes in per capita length of roads. Source: Ingram (1999)

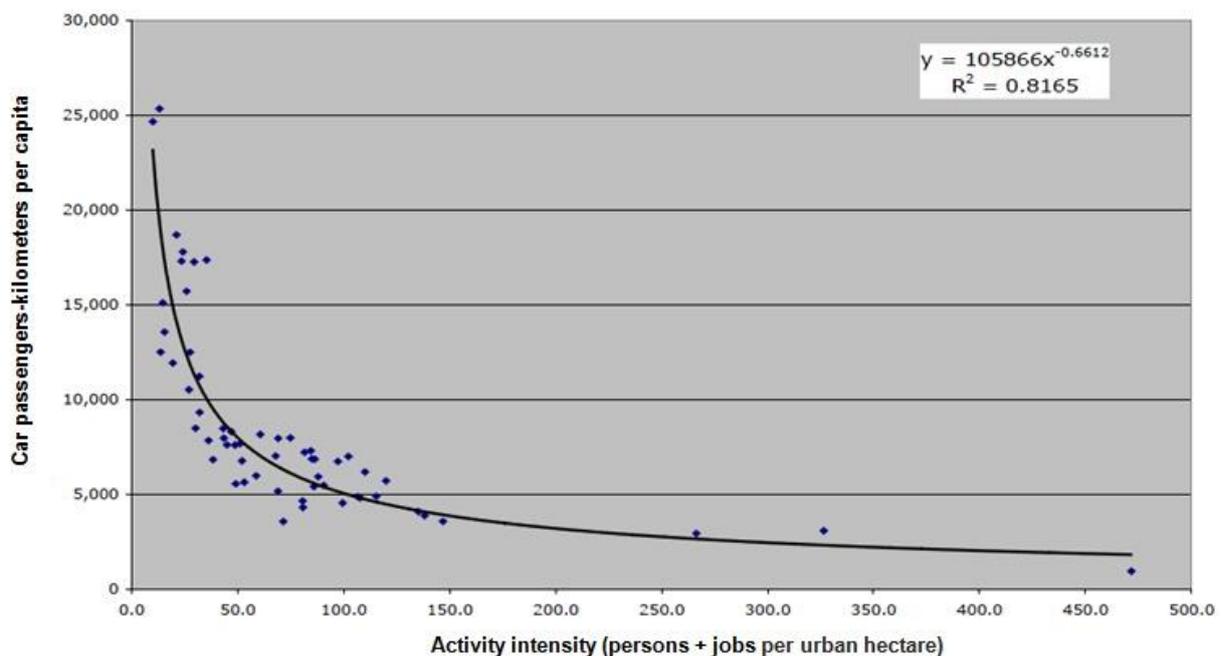


According to Bettencourt (Growth, innovation, scaling, and the pace of life in cities, 2007), for infrastructures, and other material needs, the scaling parameter in Equation 1.2 is below 1 ($\beta < 1$). This means that roads do not develop in the same proportion as population size, and on average congestion increases with city size. It is what we observed for American cities between 1982 and 2011 (Texas A&M Transportation Institute). Indeed, in 2011, the average number of yearly hours of delay per auto was 52 for very large cities, whereas it was 37 hours for large cities, 28 for medium cities, 21 hours for small cities. Between 1982 and 2011, congestion increased in all the American cities, but more in larger cities than in smaller ones. In very large cities, the number of wasted hours per capita per year increased by 33 hours whereas by only 14 hours in small cities.

When the urban density increases, congestion is more important, which encourages dwellers to choose public transportation, a two-wheel vehicle, or non-motorized modes of transportation (cycling or walking). It has been shown that the car use, i.e. the number of car passengers times kilometers traveled, is correlated with the activity intensity, which is the number of persons and jobs per urban hectare. As one can see in Figure 1.11 “for 58 higher-income metropolitan areas around the world”, this correlation is well fitted by a power law : $y = y_0x^\beta$, where y is the measure of car use, y_0 a positive constant, and β is the elasticity of car use with respect to activity

intensity¹⁷⁶. This coefficient β is negative, equal to -0.6612, which indicates that when the activity intensity increases by one percent, car use should decrease by 0.66%. In terms of values, the negative effect of the activity intensity on car use is very high for low values of the activity intensity (the slope of the curve is negative and steep), and it is decreasing with the activity intensity (the slope increases with the activity intensity). A similar power law can be observed when one regresses per capita private passenger transport energy use against urban density (see Figure 1.12). We can also observe clusters of cities distinguished by their geographical location, which indicates that among other factors, common history, demography, and culture also influenced the way that cities grew. For very low (high) urban density, car (public transport) is the only effective means of transportation (see Figure 1.13). According to Newman and Kenworthy (Sustainability and cities: overcoming automobile dependence, 1999), Public Transport usage increases concomitantly with urban density. As illustrated in Figure 1.14, Asian cities are very dense, and the proportion of Public Transportation is about 50% in contrast to 10% on average in North American and Australian cities.

Figure 1.11 Car use vs. activity intensity. Source: Newman & Kenworthy (2006)



¹⁷⁶ At the denominator, total urbanized land includes “residential, commercial, industrial land, local parks and open spaces, plus roads and any other urban land uses, and excludes large areas of undeveloped land etc.” Newman & Kenworthy (Urban design to reduce automobile dependence, 2006)

Figure 1.12 Private car energy use vs. urban density. Source: Newman & Kenworthy (1999)

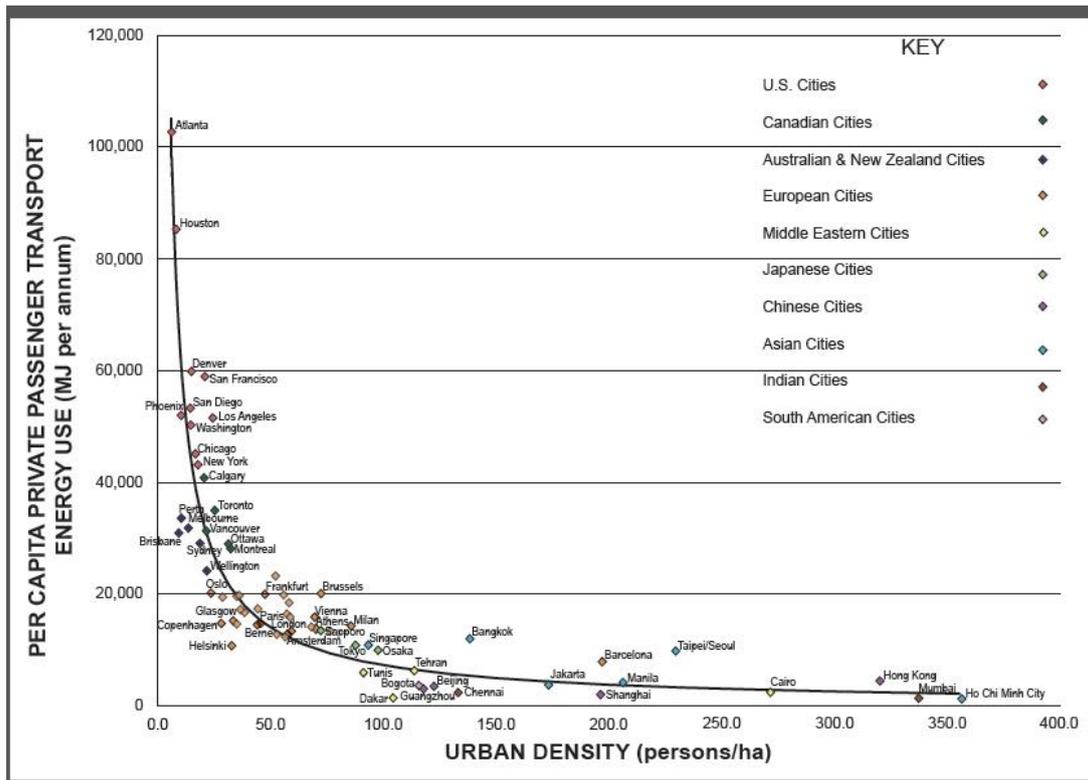
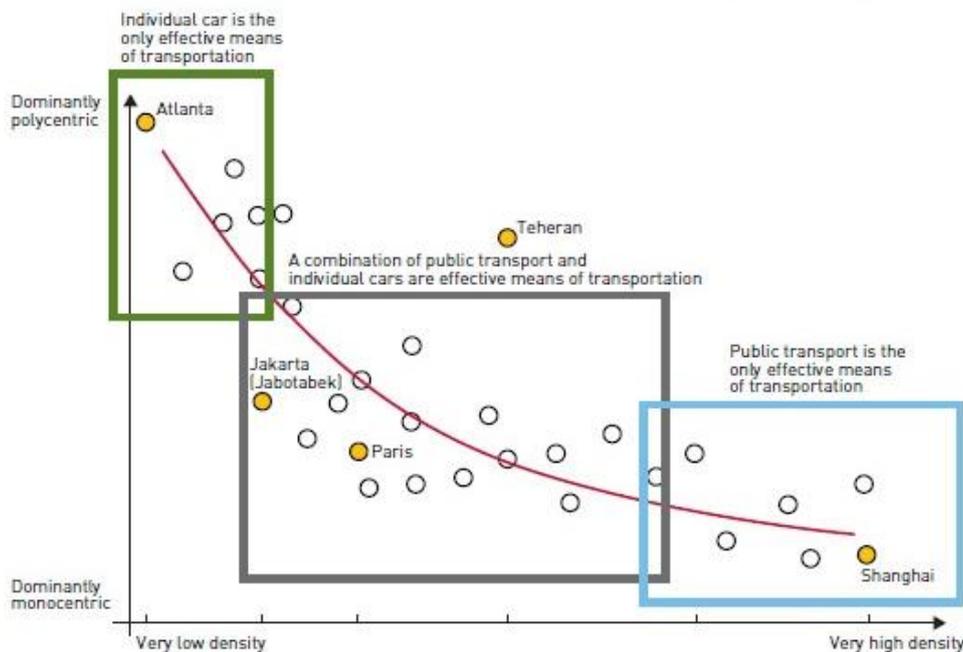


Figure 1.13 The modal share function of density among major American cities. Source: Bertaud & Malpezzi (2003)

Global urban density	Low < 25 hab/ ha	Medium 50 – 100 hab / ha	High > 250 hab+ / ha
Modal distribution	MPT: 80% PT: 10% NMT: 10%	MPT: 50% PT: 25% NMT: 25%	MPT: 25% PT: 50% NMT: 25%
Automobile use (km / pers / yr)	> 10 000		< 5 000
Public transport use (trips / pers / an)	< 50		> 250
Petrol consumption for transport (MJ / pers / an)	> 55,000	35,000 – 20,000	< 15,000
Representative positions	North American and Australian cities	European cities	Asian cities

MPT: Motorized Private Transport; PT: Public Transport; NMT: Non-Motorized Transport.
Density: Number of inhabitants and jobs per hectare of net urban surface (omitting green and water surfaces)

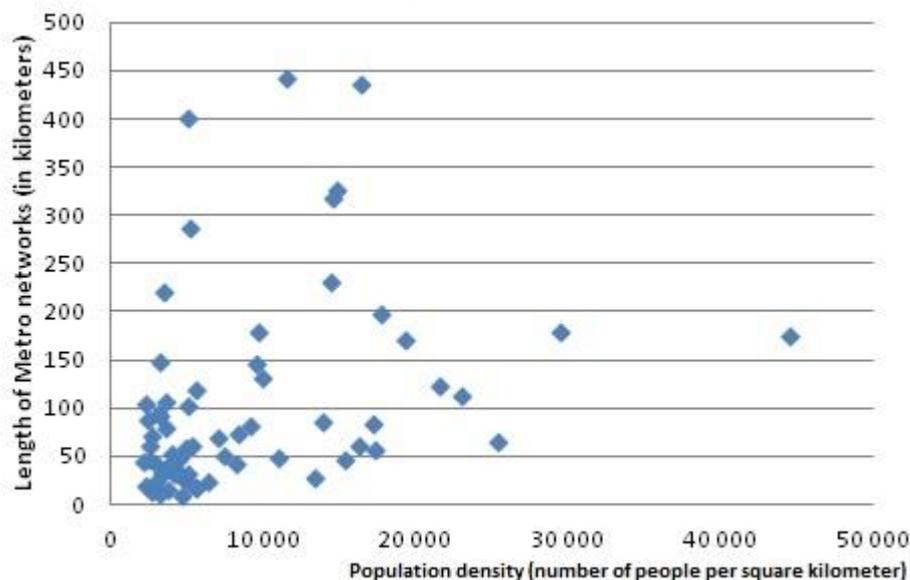
Figure 1.14 City typology based on average urban density and transport. Source: Newman & Kenworthy (2006), and cited in Lefèvre (2010)



A denser city encourages dwellers to use transit because of more traffic congestion. Policymakers may also want to invest in Transit in order to deal with congestion and air pollution, which are externalities that are not internalized by users. As a matter of fact, minimum urban density levels

are required to develop large public investments in transportation (Cervero & Guerra, *Urban Densities and Transit: A Multi-dimensional Perspective*, 2011) because average capital cost per mile decreases with urban density such as for light-rail and heavy-rail. One may thus expect, as an example, that denser cities have longer metro networks. As a matter of fact, when one regresses the length of metro networks on urban density, the correlation is positive, but the variance is very large, and it is increasing with urban density as illustrated in the following Figure 1.15¹⁷⁷. Actually, it appears that the length of metro networks is strongly positively correlated with the GDP of cities, as illustrated in Figure 1.16¹⁷⁸.

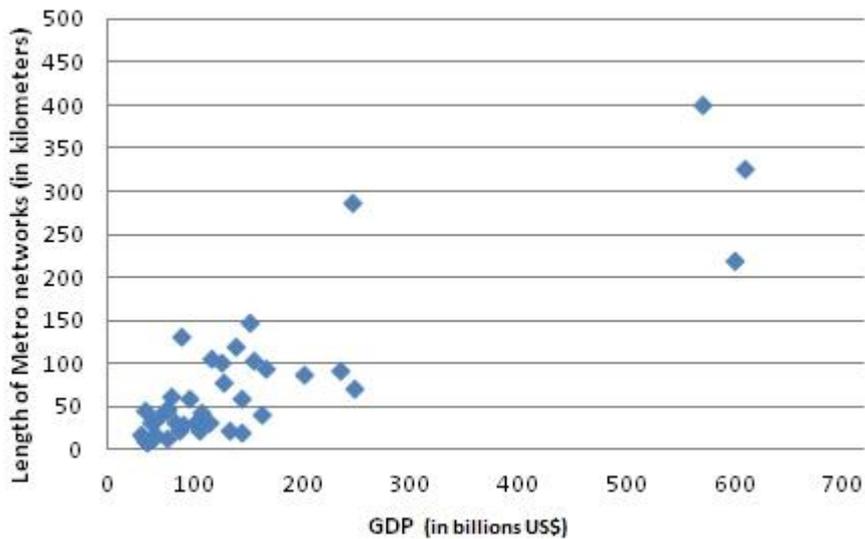
Figure 1.15 The length of metro networks vs. population density. Source: Results for 67 World cities with data from Metrobits (2013), and Demographia (2005)



¹⁷⁷ <http://mic-ro.com/metro/>, and <http://www.demographia.com/db-worldua.pdf>

¹⁷⁸ http://stats.oecd.org/OECDStat_Metadata/ShowMetadata.ashx?Dataset=CITIES&ShowOnWeb=true&Lang=en

Figure 1.16 The length of metro networks vs. GDP of cities. Source: Results for 67 cities from OECD countries with data from Demographia (2005), and OECD (2013)



2.4 Total and per capita city revenues

The first observable fact is that the richest countries do not have the richest cities in terms of total revenues. In 2012, the US was ranked first in terms of total GDP with 15,700 billion US dollars, above China (8,200), Japan (6,000), Germany (3,400), France (2,600), and the UK (2,400).

However, at the city level, New York City, the largest city of the US, was not ranked first in terms of total revenues. According to Dobbs, et al. (Urban World: Mapping the economic power of cities, 2011), in 2008, NYC generated fewer revenues than Tokyo (1,406, and 1,479 billion US dollars respectively). Despite, many American cities appeared at the top of the 2008 ranking. For example, LA and Chicago are ranked 3rd and 4th, with 792 and 574 billion US dollars respectively.

Second, how much a city is wealthy is not purely correlated with GDP per capita¹⁷⁹. As an example, in 2008, among OECD countries, the GDP per capita in Tokyo is relatively low, about 41,300 US dollars per year, in contrast to 73,300 for NYC, which is only ranked 8th. Residents from Edmonton and Calgary in Canada are the wealthiest people on average due to extractive industries.

Third, we observe that many large cities are within developing countries, which implies that revenues per capita and city size are negatively correlated. Nevertheless, on average, one of the

¹⁷⁹ <http://measuringurban.oecd.org>

most positive features relative to cities is that revenues per capita increase more than city size (in percentage). According to Bettencourt, et al. (Growth, innovation, scaling, and the pace of life in cities, 2007), the city size increases people interactions, and the inherent inputs, such as revenues, increase more than proportionally. Thus, people may want to locate in larger cities. In addition, urbanization and revenues per capita are strongly positively correlated in history, which led Acemoglu, et al. (Reversal of fortune: Geography and institutions in the making of the modern world income distribution, 2002) to use the level of urbanization as a proxy of the wealth of individuals (per capita income).

If as a whole, revenues increase with city size, one may ask also about income inequality. The Kuznets curve predicts that revenue inequality increases first with revenues and then decreases. Hence, if revenues increase with city size, inequalities should first increase and then decrease. In 1970, for the US cities, it has been proved that revenue inequality increased with city size (Long, Rasmussen, & Haworth, 1977). The authors explained also that the faster the city grows, the more revenue inequality increases. Revenue inequality may have negative impacts such as on the level of crime (Thorbecke & Charumilind, 2002), which confirms the results of (Bettencourt L. , Lobo, Helbing, Kühnert, & West, 2007) who found that $\beta \geq 0$ in the equation linking crime and city size.

2.5 Internal structure of cities: potential scenarios

Cities are open systems which quickly evolve in terms of size and internal characteristics. Indeed, they interact with a changing environment, and attract more or less dwellers of different types over time. They all have their own urban growth pattern, but globally, due to regularities among cities, we can highlight global trends for the next decades.

Sanitation and water access will be better on average. However, according to the UN (World Urbanization Prospects The 2011 Revision, 2012), the risk exposure to natural disasters is high for example in East Asia. We expect slums in overcrowded Megalopolises to increase because of the growing flow of environmental refugees (Warner (Global environmental change and migration: Governance challenges, 2010) and Myers (Environmental refugees: a growing phenomenon of the 21st century, 2002)). The major causes are soil erosion, monoculture, climate change which impacts the sea level, storms, and desertification.

The number of private cars will increase in developing countries, because of the constant money budget (Schafer, 2000). It will imply more congestion and more greenhouse gas emissions

assuming that innovation cannot completely offset the increase of the amount of cars. The increase of oil prices (Fournier, Koske, Wanner, & Zipperer, 2013) will discourage people to commute by car but it will depend on the price elasticity which is estimated to be about -0.2, -0.3 for vehicle travel in the US (Litman, 2013), but the price elasticity is also declining with revenues (Fournier, Koske, Wanner, & Zipperer, 2013).

The largest cities will be more and more specialized by function (headquarters, finance, administrative supports...) but diversified in sectors with a large access to financial services (Duranton & Puga, 2005). Competition among the world cities will keep increasing with the goal to attract highly skilled workers and headquarters. The world cities will have incentives to increase quality because their workers are mobile and are looking for a better place to live. By contrast, smaller cities, because they are specialized in less productive functions, need fewer skilled workers who are poorer and less mobile. Thus, competition among these cities may be less fierce, and they could have fewer incentives to invest in higher quality.

3 The distribution of cities

The population size of a city impacts number of its internal characteristics. Other regularities appear also among cities. First, the population size of a city is correlated with its rank in the country's or world's ranking of cities by population. Second, there are regularities in the spatial distribution of cities since they develop more in some areas than in others.

3.1 The size distribution of cities

Cities have grown larger over time. In 1950 the largest city, New-York City, accounted for a population of 12.34 million inhabitants. At that time, the difference between NYC and Tokyo was quite small, but by 1970 total population of Tokyo largely exceeded that of NYC. In 2000, Tokyo was twice as large as NYC. In 2010, total population in Tokyo was about 37 million people, but not twice as large as Delhi (ranked 2nd).

In addition, in 2010, only 3 cities accounted for a population between 20 and 30 million residents, and more cities (around 16) accounted for a population between 10 and 20 million inhabitants. Almost all Chinese cities had in 2010 a population below 2 million inhabitants (UN, 2012). According to (Chan, et al. (Spatial Dimensions of Chinese Economic Development, 2008), the proportion of small and medium cities in China is much higher than in other countries around the

world. The authors explain that it can be imputed from “central planning and political control” because it fostered investment in remote areas whereas concentration should naturally appear with decreasing travel costs, economies of scale as well as with agglomeration economies.

It can be easily shown that urban growth both in India and China between 1990 and 1995 is dependent on city size. For China especially, some cities grew very fast during this period (20% per year) because they benefited from being at the seaside or “from the spillovers of industrial development from bigger cities” (Chan, Henderson, & Tsui, 2008). India has almost the same pattern, and urban growth rates differ significantly across the cities which confirms the results of McKinsey (Dobbs, Smit, Remes, Manyika, Roxburgh, & Restrepo, Urban World: Mapping the economic power of cities, 2011). Between 2008 and 2025, population growth rates in middleweight cities are expected to be higher than in mega-cities (on average), even if the top 3 of the largest population growth will be in mega-cities (Beijing = 5.5%, Shanghai = 5.2% and Tokyo = 3.3%).

According to observable facts, first, the rank of given cities by population differ over time, thus some cities grow faster than others. Second, the population size of the largest city divided by the one of the second largest city (as an example) is not constant over time. Last, the city size distribution differ across countries. In other words, small and medium cities grow faster in some countries than in others. Despite all these disparities, on average, researchers found regularities (Ioannides & Overman, 2003). Indeed, on average, it has been proved that the logarithm of the rank of cities by population can be expressed as a linear function of the logarithm of the size of cities as follows:

$$\log r(S) = \log A - \xi \log S, \quad (1.3)$$

where S is the city size, $r(S)$ the rank of the city of size S , A is a positive constant, and ξ is the elasticity of the rank with respect to the city size. The law above corresponds to the Zipf's law when ξ is set to 1. Let s_t^i denote the normalized size of city i at date t , that is, the population of city i at date t divided by the total urban population at date t ($\sum_i s_t^i = 1, \forall t$). Gabaix (Zipf's law for cities: an explanation, 1999) shown that if cities grow randomly with the same expected growth rate and variance, independent on the city size (Gibrat's Law), at the steady state, the Zipf's law is verified, which can be re-written as follows:

$$G(s) = \frac{a}{s^\xi}, \text{ with } \xi = 1, \quad (1.4)$$

with $G(s)$ the counter-cumulative distribution function¹⁸⁰, of normalized city sizes, s , and a is a

¹⁸⁰ $1-F(s)$, with $F(s)$ the cumulative distribution function.

positive constant. The counter-cumulative city size distribution function follows a power law, the city size distribution too. In other words, the probability of finding cities above a given population size is decreasing with the population size. There are much more small cities than large ones. Thus, rewriting Equation 1.4 in logarithm, it follows the rank-size rule of Equation 1.3, with a slope equal to minus one in the case of the Zipf's law ($\xi = 1$). The Zipf's law has been verified: when one regresses the logarithm of the ranks of cities by population on the logarithm of population sizes, the estimated straight line has a slope approximately equal to minus one, and observations are close to the predictions, as illustrated in the following Figure 1.17. Consider now that, in Equation 1.3, A is normalized to the population of the largest city (S_{max}), and that ξ is set to 1, then, on average, the city size is approximately equal to the population of the largest city divided by the rank of the city.

$$S = \frac{S_{max}}{r(S)}$$

This latest equation implies that the ratio of the population sizes between two cities i and j is equal to the inverse of the ratio of the ranks as indicated in the following equation:

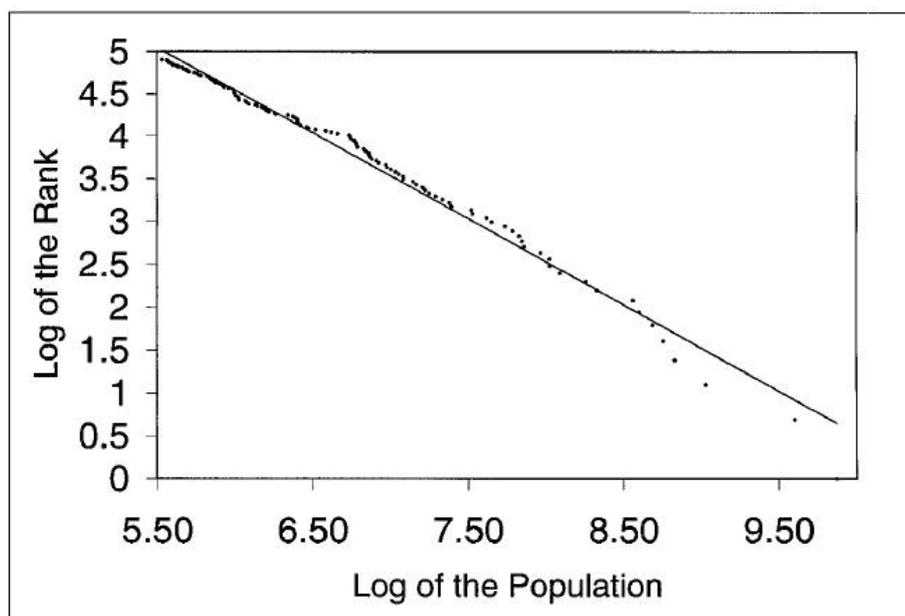
$$\frac{S_i}{S_j} = \frac{r(S_j)}{r(S_i)}$$

where S_i and $r(S_i)$ are respectively the population size and the rank of city i ($\forall i \neq j$).

According to the Zipf's law, as already exposed in Equation 1.4, the city size distribution follows a power law, or equivalently, the city size distribution is Pareto distributed. The first explanation is that each industry follows a Pareto distribution, and the sum of Pareto distributions is also a Pareto distribution.

The Zipf's law is limited because, for some values of the parameter ξ in Equation 1.4, the city size distribution may have neither finite mean nor variance, or finite mean and no finite variance (Newman M. E., 2005). Moreover, the expected grow rate and variance may depend on the city size, which contradicts the Gibrat's law (Gabaix, 1999). Even more problematic, it is not clear whether cities have the same growth rate distribution. Ioannides and Overman (Zipf's law for cities: an empirical examination, 2003) show that with a 95 % confidence interval, the Gibrat's law and thus the Zipf's law cannot be rejected for a large range of cities. However, it appears, that the smallest cities grow faster with smaller confidence intervals, thus, leading the smallest cities to overtake the largest ones.

Figure 1.17 The Rank-Size rule for the 135 largest U. S. Metropolitan Areas in 1991. Source: Gabaix (1999), with data from Statistical Abstract of the United States (1993)



3.2 The spatial distribution of cities

The major growing cities between 1970 and 2011 were located in India, and the East Coast of China, as well as in West Africa (UN, 2012). It seems that being at the seaside promoted urban growth, in the same way that edge cities grew in the US close to highways.

Coastal areas have natural advantages because firms can import and export at lower costs. Concentration may be then enhanced due to agglomeration economies, or due to increasing returns to scale associated with low transport costs as explained by the New Economic Geography. Indeed, some firms may want to concentrate in coastal areas because of its natural advantages. The region attracts also mobile workers because of higher wages and a wider variety of goods. Hence, due to *the home market effect*, the manufacturing sector increases more than proportionally¹⁸¹. The only dispersion forces are relative to transport costs and the immobile class of workers in the inner-land.

In addition, firms with a large market access and access to suppliers are able to pay higher wages. As a matter of fact, Redding and Venables (Economic geography and international inequality, 2004) showed that access to the coast for countries raises income per capita by 60%.

¹⁸¹ The market size increases and firms benefit from economies of scale, which attract even more firms.

The market access of coastal Chinese cities is higher than inland cities, but the European Union and the US are relatively far away. West Africa is closer to Europe and to the American East coast. The growing cities at the seaside in China may be largely explained by access to suppliers: the Association of Southeast Asian Nations (ASEAN), Japan and the Republic of Korea. Except for the European Union, almost all the international suppliers are accessible at the seaside.

4 Forecasts

Total population worldwide is constantly increasing, and urban population concomitantly. We highlight the major demographic forecasts until the end of the century. Some regions and cities will grow very fast in contrast to others, such that economic forces should also change during the next decades.

4.1 Demographic perspectives and new economic forces

The world population should increase substantially during the century. The US Census Bureau in 2012 expected more than 9 billion people before 2050. Even if the annual world population change is decreasing, the world population is still growing linearly because of the volume effect. This global trend hides strong disparities among countries.

Total population change until 2050

Between 2011 and 2050, a large part of the total population growth will come from the middle and low income countries and will be in cities. As an example, between, 2030 and 2050, the annual average rate of change in more developed countries will be 0.06%, whereas it will be 0.65% in less developed countries. Similarly, the urban population will grow by 0.29% per year in more developed countries in contrast to 1.64% in less developed countries (UN, 2012).

Total population in India will largely grow, from 1.22 billion people in 2010 to 1.69 billion people in 2050. India will still have a positive but decreasing growth rate, from 1.31% in 2010 to 0.32% in 2045. India, in 2050, will be the most populated country in the world, above China, and the US. This transition pattern must be compared to the large population change between 1950 and 2010. Total population multiplied by 3.29 in India between 1950 and 2010, and by 2.43 in China. Africa will still have a growing population. The population in Nigeria, for example, is expected to more than double before the middle of the century (2.5 times more people in 2050), to reach 390 million

inhabitants in 2050. The total population in the US will continue to rise up to the end of the century. The US will still be ranked 3rd in 2050, but Nigeria will then overtake the US.

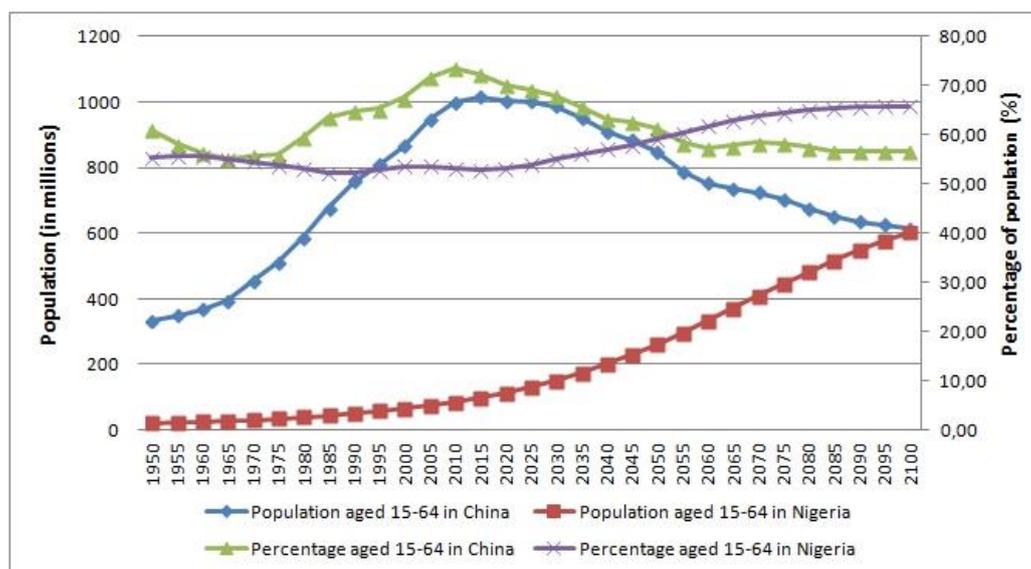
If the population will rise in many countries, a transition pattern appears also for many others. Most notably, the Chinese population will decrease starting in 2035 (-0.14% between 2035 and 2040) and faster and faster (-0.23% between 2040 and 2045; -0.32% between 2045 and 2050), which is explained by the one-child policy, even if this policy has been relaxed by the government. The effects of this policy is illustrated by the evolution of the pyramid of ages.

The Japanese population will continue to decrease but at higher rates (from -0.18% now to -0.78% in 2045). Total population in the Russian Federation began to decrease 18 years ago in 1995. The conjecture is about 108 million people in 2050, a decline of 38% of total population since 1995. Total population in Germany began also to decrease a few years ago (2007) but at a lower rate. In 2050, France will be the most populated country in Europe just above Germany, whereas, in 2010, total population in Germany exceeded France by about 20 million people.

Total population between 2050 and 2100

Total population in India will begin to decrease and total population in China will keep dropping (from 1.341 billion in 2010 to 941 million in 2100). More precisely, total population in India will decrease before 2070. Nigeria should keep increasing at least until the end of the current century. In 2100, Nigeria will be the third most populated country in the world, before the US (4th in 2100) and the total population aged 15-64 years old in 2100 will reach almost the same number as in China (see Figure 1.18). The total population in Russia will decrease during the century as in Japan, and Germany, among others.

Figure 1.18 The evolution of the population aged 15-64 years old in Nigeria and China. Source: with data from UN (2012)



The future decrease of the population in some countries can be currently explained by the vertical asymmetry of the pyramid of ages. The residents are ageing in China, as in Japan and most of the developed countries. In 2025, there will be two times more people over the age of 65 in Shanghai than in NYC. Tokyo will count 10 million people in this age bracket (Dobbs, Smit, Remes, Manyika, Roxburgh, & Restrepo, *Urban World: Mapping the economic power of cities*, 2011) out of an expected total population of 38.7 million inhabitants (UN, 2012). The fertility rate in China is currently incredibly low, estimated to be at 1.53 between 2010 and 2015, but conjectured to increase to 1.77 at the middle of the century, which will still be below 2. In Nigeria, the pyramid of ages is very flat at the bottom. The fertility rate is currently very high in Nigeria (5.43) and conjectured to be at 4.86 in 2020-2025. This rate should slightly decrease throughout the century, a decline due to the demographic transition, and to be around 2.20 at the end of the century, in other words, at a level acknowledged to be high in Europe (currently equal to the fertility rate of France). In India, total population will keep growing at least until 2050 because the fertility rate is conjectured to stay above 2 in 2020-2025.

Obviously, the fertility rate will determine the number of people of working age in a country. In OECD countries, the number of people of working age (20-64 years old) over the number of person of pension age (more than 65 years old) has been constantly decreasing over time since 1950. In 2050, almost all developed countries will tend to the ratio of 2. Turkey currently has a very high proportion of working age people, but it will tend to the ratio of 2 around 2050. The proportion of people at a working age in developed countries should be divided by 2 on average between 2008

and 2050. The same pattern should also happen in China according to the vertical asymmetry of its pyramid of ages. Around 2016-2018, the number of working age people (between 20 and 64 years old) should begin to decrease until at least 2100. The number of working age people is constantly increasing in Nigeria such that in 2100 there will be almost as many people at a working age in China as in Nigeria (INED, 2013) ¹⁸².

Demographic forecasts in urban areas vs. rural areas

This global trend at the national level has to be compared to what will happen at a more local level, that is to say, at the city level. In developed countries, the number of people living in rural areas will continue to decrease. In developing countries, the population living in rural areas has increased since 1950 but much less than in urban areas. Around 2015, in developing countries, the number of people living in urban and rural areas should be equal, then it is expected that less and less people will live outside cities. In developed countries, the equivalent shift of total population between cities and rural areas happened around 1955.

The very low expected growth rate of total population in China does not mean that cities will not keep growing, but rather at lower rates. Beijing will have a growth rate of almost 1% between 2020 and 2025, whereas it was 3.63% between 1990 and 1995. Beijing will not be one time more, at least for the current century, the largest city in the World. However, this fact has to be put in parallel with the growing share of urban population in China. The urban share in China is expected to reach 61.9% in 2030, whereas it was 47% in 2010. Thus, it can be easily deduced that urban growth in China will come from the rural exodus. The rural proportion is decreasing more and more in China, from 1.62% in 2010 to -2.04% in 2045. That explains the growing number of large cities in China. No one city in China in 1990 had a population above 8 million, whereas, in 2025, 5 cities will have more than 10 million residents. The population in Shanghai will reach 20 million inhabitants in 2025. Between 1990 and 2025 the city size will be multiplied by 2.56. But actually, urban growth in China is not coming from the largest cities. In 1990, 33 cities had a population above one million, whereas 129 cities are expected to have at least one million inhabitants in 2025. As expressed before, starting in 2035, total population in China will decrease until the end of the century. In addition, the urban proportion will reach quite a high level in 2030 (61.9%) compared to the level of 1990 (26.4%). Thus, one has to wonder to what extent rural exodus will be able to push up urban growth until 2100. Actually, the urban proportion of 61.9% is low compared to the level of

¹⁸² http://www.ined.fr/fr/tout_savoir_population/atlas_population

urbanization in all developed countries, which is largely explained by restricting policies in the 1960 and 1970. One may expect policymakers to relax the constraint of the *hukou* system if there are too many vacant buildings in cities in the future.

The urban growth decrease is lower in India than in China. In 1990, the average of the urban growth rate was 3.10% in India compared to 6.2% in China. Between 2045 and 2050, we expect urban growth to be 2.03% in India and 1.27% in China. Thus, until the middle of the century, total population in India will keep growing and cities as well. The population in India will be biased towards the megalopolises. In 2025, 3 cities will account for a population which will exceed 20 million people (20.112 million in Kolkata, 25.810 million in Mumbai, and 28.568 million in Delhi). The rural proportion will keep decreasing at higher rates, from -0.53% between 2010 and 2015 to -1.27% between 2045 and 2050. In India, urban growth will be due both to the total population growth and rural exodus, which in the past explained 20-25% of total urban growth (Schaffar, 2010). Delhi will enlarge, but Tokyo will remain the largest city for a while. In 2010, it was forecast total population in Tokyo would increase slightly until 2030 despite the decrease in total population because the country is still in the process of urbanization. It was also predicted that the level of urbanization would grow from 66.8% in 2010 to 73% in 2030.

Globally, since 1950, rural population decreased in the developed countries. For example, in France, the urbanization level was 85.6% in 2010, which is high compared to Germany (73.8%) and the UK (79.6%). France will be more and more urbanized (91.8% in 2030). The same process of urbanization is happening in almost all countries around the world. However, we have to be careful about data because the definitions of cities and urban areas vary over space and time. As an example, according to Lévy, (*Réinventer la France*, 2013), under some assumptions, France can be considered almost fully urbanized (96.05% of urban areas).

The large urban growth in China and India explains why Asia is responsible for 54% of total urban growth in the world. However, the share of urban growth which is due to Africa is constantly increasing, from 14% between 1950 and 2011 to 32.5% between 2011 and 2050, and a number of countries strongly drive this global trend in Africa. As an example, the share of people living in urban areas will keep growing and at almost the same level as in China. In 2030, 63.6% of Nigerian people will live in cities. In Lagos, the yearly average growth rate is expected to be 3.2% between 2008 and 2025, which is the highest rate of middleweight cities (Dobbs, Smit, Remes, Manyika, Roxburgh, & Restrepo, *Urban World: Mapping the economic power of cities*, 2011). Similarly, in 2011, the UN expected the average annual growth rate in Lagos to be 3.71% between 2011 and

2025. Those annual rates are especially high, but they have to be compared to the past growth rates of Chinese cities such as in Shenzhen (18.44% per year between 1970 and 1990, 11.89% per year between 1990 and 2011).

Lagos in Nigeria is growing even though the city is currently very dense. Indeed, in 2007, Lagos was the fourth densest city in the world (City Mayor Statistics, 2007)¹⁸³. Similarly, Mumbai, in 2007, was the densest city and this city will keep growing relatively fast. The annual growth rate of these cities will slow down between 2010 and 2030, but still total population will grow by 25% between 2010 and 2030. Is it possible to make more compact cities and insure minimum quality of life? Naturally, already very dense cities will spread to the landscape, and will face the problem of congestion.

4.2 Forecasts of GDP by city

The urban proportion is increasing over time, thus one should know to what extent urban areas are more productive than rural areas (in terms of total GDP). Productivity in agriculture largely increased due to technological advances and large crops, but it is difficult to be even more efficient in the developed countries since soil needs to generate itself. Productivity gains in industry located in small and medium cities by contrast are potentially unlimited due to technological innovations. One may expect that urban GDP is rising faster than urban growth. Thus, one may think that urban GDP growth will be driven by the emerging world.

Globally, cities yield more revenue per capita than in rural areas. In 2007, half of total population lived in rural areas, whereas they contribute to only 20% of total GDP worldwide. Currently, the top 600 cities by contribution to global GDP growth from 2007 to 2025, yield more than half of total GDP, while only a fifth of total population live there. In 2025 these cities will yield even more revenue, nearly 60% of total GDP (Dobbs, Smit, Remes, Manyika, Roxburgh, & Restrepo, *Urban World: Mapping the economic power of cities*, 2011).

So far, cities in developed countries contribute to 70% of total GDP, whereas cities in developing countries are responsible for only 14% of total GDP. However, total GDP growth mainly occurs in cities of developing countries. Such cities in emerging countries are overtaking cities in developed countries in their contribution to global GDP. Among the 136 new cities entering in the top 600

¹⁸³ <http://www.citymayors.com/statistics/largest-cities-density-125.html>

(recall, by contribution to total GDP growth from 2007 to 2025), 100 were located in China, 13 in India, and 8 in Latin America.

The GDP of mega-cities will continue to increase. For example, between 2008 and 2025, the cumulative GDP growth of Shanghai and Mumbai will be almost 197% and 185% respectively. Smaller cities will also largely contribute to global GDP growth. The small, mid-sized and large cities in the emerging world will be responsible for 37% of total GDP growth, which is above the contribution of all developed cities in addition to the mega-cities of emerging countries (34%).

To sum up, even if global GDP is currently due to developed cities (70%), GDP growth will be driven by the middleweight cities of the developing world. Households in emerging countries will continue to benefit from this success. Population growth contributes by only 22% to GDP growth in China, which is lower than in the US (37%). Thus, urban growth until 2025 will largely increase the standard of living in emerging countries, and more than in the US. Globally, the revenue per capita in the top 600 cities will increase by 2.7% per year from 20,000 US dollars in 2007 to 32,000 US dollars in 2025.

4.3 The potential of Africa

According to the UN (World Urbanization Prospects The 2011 Revision, 2012) a larger proportion of urban growth originates in Africa (32.5% between 2011 and 2050, in contrast to 14% between 1950 and 2011). Africa, especially Nigeria, has natural advantages such as large liquefied natural gas and oil reserves and low wages. The number of working age people in Nigeria is constantly increasing. Around 2100, the number of working age people in Nigeria will be about the same as in China.

Furthermore, cities in Nigeria are closer to Europe, the East coast of the US, and South America than China, thus the market access of West Africa is potentially high in addition to the growing local market¹⁸⁴. Many entrepreneurs choose to invest in Africa, in Nigeria in particular, because the local market is increasing and wages are particularly low (Gu, 2009). Shen (Shen, 2013) states that:

¹⁸⁴ Currently, North Africa has a very large market access due to the proximity of Europe. In North Africa, in a perimeter of 4,000 km, more than 20,000 billion dollars were produced, compared to only 4,000-5,000 billion dollars in West Africa (INED, 2013).

Chinese OFDI is widely spread across Sub-Sahara Africa. However, some countries are more attractive than others to Chinese companies [...]. The top five recipient countries are Nigeria, South Africa, Zambia, Ethiopia and Ghana [...]. “Market access”, primarily the local market but potentially also the export market, plays a predominant role in attracting private Chinese manufacturing firms to Africa.

One may expect that many Chinese plants will move to West Africa before the middle of the century and even more during the second half of the century. Indeed, in contrast to West Africa where the total working age population will continue to increase at least until 2100, in China the number of working age people will start to decrease by around 2016-2018, which will induce wages to increase even more.

So far, China mainly exports to Hong-Kong (ranked 3rd), Japan (ranked 4th), South Korea (ranked 5th). These countries are farther away from West Africa. Moreover, the main import partners of China¹⁸⁵ are the European Union¹⁸⁶, Japan, South Korea, the US, Australia, and Malaysia. Thus, by locating in Nigeria for example, these Chinese firms would have to find new suppliers. One may expect that these firms would substitute European and Brazilian inputs for inputs coming from East Asia to some extent. South America could also be a large market demand for manufacturing goods produced in Africa. Notice so far that Brazil is the 8th supplier of China and the 13th export partner of China.

Hence, one may expect economic forces to change in the next decades. Due to large economic potentials, cities in West Africa should continue to grow with the need to provide new public infrastructures, to guaranty accessibility to public goods, to ensure minimum open spaces per capita¹⁸⁷, to control congestion and air pollution.

¹⁸⁵ http://trade.ec.europa.eu/doclib/docs/2006/september/tradoc_113366.pdf, Data Source: Eurostat IMF

¹⁸⁶ The balance of Trade of EU-27 with China is -146,069 million €, because the positive balance of Trade in services did not compensate the large negative balance of trade in goods

¹⁸⁷ As exposed before, Asian cities are already very dense. The same appears for some cities in Africa, such as in Lagos which was ranked 4th in terms of population density according to City Mayors Statistics, see: <http://www.citymayors.com/statistics/largest-cities-density-125.html>

Since 2003, exports of manufactured goods from EU-27¹⁸⁸ to West Africa constantly increased. Between 2009 and 2010, it increased by 18.98%, and represent 52% of total exports from EU-27¹⁸⁹. Concomitantly with the economic development of Africa, one may expect that exports of manufacture goods, machinery and transport equipment, will continue to increase, due to the geographical and politically proximity of both regions.

5 Concluding comments

Urban issues reach a growing number of people over time. Since 2007, more than half of total population worldwide lives in cities, and the urban proportion will increase at least until the end of the century. In 2050, 70% of total population will live in cities. Thus, the priority for policymakers is to ensure the best living conditions in cities for current generations, taking into account the welfare of future generations, and to monitor natural and industrial risk exposures. Living conditions may be evaluated in terms of GDP per capita, congestion, air and noise pollution, the accessibility to local public goods and open spaces, urban sprawl, social equity and exclusion, and security. Since cities are inter-dependent through externalities, such as air pollution, it seems necessary to handle a number of problems in a cooperative manner among policymakers around the World. The success of cities cannot be only evaluated through total GDP, or even through GDP per resident, because it would limit the actual challenges in space, time, and to some groups of individuals. Many indicators have been built to evaluate cities such as in terms of quality of life, social life, environmental friendliness, and economic prosperity. Among others, the prosperity Index of UN-Habitat¹⁹⁰ highlights the main evaluation criteria: productivity, infrastructure, quality of life, equity and environmental sustainability, which are actually linked to the concept of Global Sustainability. For policymakers, all these targets can be contradictory, which explains how much it is difficult to find compromises among social classes, generations, regions, and Nations around the World such as during Climate Change Conferences. As explained by Trancik, et al. (Effectiveness of a Segmental Approach to Climate Policy, 2013), “a global agreement on carbon emissions would be most effective at reducing the risks of climate change, but in the meantime a segmental approach can be helpful” involving “separate targeting of energy choices and energy consumption through

¹⁸⁸ “The EU is a unique economic and political partnership between 27 European countries that together cover much of the continent”, see: http://europa.eu/about-eu/basic-information/index_en.htm

¹⁸⁹ <http://ec.europa.eu/trade/policy/countries-and-regions/regions/west-africa>

¹⁹⁰ http://www.unhabitat.org/downloads/docs/State_of_the_World_Cities_Report2012.pdf

regulations or incentives”.

6 Bibliography

- Acemoglu, D., Johnson, S. and Robinson, J.A., 2002. Reversal of fortune: Geography and institutions in the making of the modern world income distribution. *The Quarterly Journal of Economics*, 117(4), pp. 1231-1294.
- Aguiléra, A., L'Hostis, A., Haon, S. and al., 2013. Land use and transport interactions. *Technical report, ERTRAC*.
- Akiva, M.E.B. and Lerman, S. R., 1985. Discrete choice analysis: theory and application to predict travel demand. s.l.: *The MIT press*.
- Anas, A., Arnott, R. and Small, K.A., 1998. Urban spatial structure. *Journal of Economic Literature*, 36(3), pp. 1426-1464.
- Anas, A. and Lindsey, R., 2011. Reducing urban road transportation externalities: Road pricing in theory and in practice. *Review of Environmental Economics and Policy*, 5(1), pp. 66-88.
- Anas, A. and Liu, Y., 2007. A regional economy, land use, and transportation model. *Journal of Regional Science*, 47(3), pp. 415-455.
- Anderson, S. P., de Palma, A. and Thisse, J. F., 1992. Discrete Choice Theory of Product Differentiation. s.l.: *The MIT press*.
- Anderson, S.P. and Renault, R., 2007. Advertising: the Persuasion Game. *2008 CESifo Conference Centre, Munich*.
- Arnott, R., 2004. Does the Henry George theorem provide a practical guide to optimal city size?. *American Journal of Economics and Sociology*, 63(5), pp. 1057-1090.
- Arrow, K.J., 1962. The Economic Implications of Learning by Doing. *Review of Economic Studies* 29: 155-173.
- Bairoch, P., 1991. Cities and economic development: from the dawn of history to the present. s.l.: *University of Chicago Press*.
- Bakos, J.Y., 1997. Reducing buyer search costs: implications for electronic marketplaces. *Management science*, 43(12), pp. 1676-1692.
- Ballas, D., 2013. What makes a "happy city"?. *Cities*.
- Bates, D.C., 2002. Environmental refugees? Classifying human migrations caused by environmental change. *Population and Environment*, 23(5), pp. 465-477.
- Batty, M., 2012. Building a science of cities. *Cities*, Volume 29, pp. S9-S16.
- Batty, M., 2013. *The New Science of Cities*. s.l.: MIT Press.
- Batty, M., Axhausen, K.W., Giannotti, F., Pozdnoukhov, A., Bazzani, A., Wachowicz, M., Ouzounis, G. and Portugali, Y., 2012. Smart cities of the future. *The European Physical Journal Special Topics*, 214(1), pp. 481-518.
- Beaverstock, J.V., Smith, R.G. and Taylor, P.J., 1999. A roster of World cities. *Cities*, 16(6), pp. 445-458.
- Begg, I., 1999. Cities and competitiveness. *Urban Studies*, 36(5-6), pp. 795-809.
- Behrens, K. and Murata, Y., 2009. City size and the Henry George theorem under monopolistic competition. *Journal of Urban Economics*, 65(2), pp. 228-235.
- Bento, A.M., Cropper, M.L., Mobarak, A.M. and Vinha, K., 2005. The effects of urban spatial structure on travel demand in the United States. *Review of Economics and Statistics*, 87(3), pp. 466-478.
- Berry, B.J., 1976. The counterurbanization process: urban America since 1970. s.l.: *Sage Publications Beverly Hills, CA*.
- Bertaud, A. and Malpezzi, S., 2003. The spatial distribution of population in 48 World cities: Implications for economies in transition, s.l.: *World Bank*.
- Bettencourt, L., Lobo, J., Helbing, D., Kühnert, C. and West, G.B., 2007. Growth, innovation, scaling, and the pace of life in cities. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(17), pp. 7301-7306.

- Bierlaire, M., de Palma, A. and Waddell, P., 2014. Integrated transport and land use modeling for sustainable cities. s.l.: *EPFL Press*.
- Brownstone, D. and Golob, T.F., 2009. The impact of residential density on vehicle usage and energy consumption. *Journal of Urban Economics*, 65(1), pp. 91-98.
- Brueckner, J.K., 2000. Urban sprawl: diagnosis and remedies. *International Regional Science Review*, 23(2), pp. 160-171.
- Brueckner, J.K., Thisse, J.F. and Zenou, Y., 1999. Why is central Paris rich and downtown Detroit poor? An amenity-based theory. *European Economic Review*, 43(1), pp. 91-107.
- Bussière, R., 1972. Modèle de localisation résidentielle. *Annales du Centre de Recherche et d'Urbanisme*.
- Cervero, R. and Guerra, E., 2011. Urban Densities and Transit: A Multi-dimensional Perspective, s.l.: *Institute of Transportation Studies, University of California, Berkeley*.
- Chandler, T., 1987. Four thousand years of urban growth: An historical census. s.l.: *St. David's University Press*.
- Chan, K. W., Henderson, J.V. and Tsui, K.Y., 2008. Spatial Dimensions of Chinese Economic Development. In: *China's Great Economic Transformation*. s.l.: Cambridge University Press.
- Chen, H., Lanzieri, G. and Mrkic, S., 2013. Principles and recommendations for a vital statistics system Revision 3, s.l.: *The United Nation*.
- Christaller, W., 1933. Die zentralen Orte in Suddeutschland. s.l.: *Iena*.
- Church, A., Frost, M. and Sullivan, K., 2000. Transport and social exclusion in London. *Transport Policy*, 7(3), pp. 195-205.
- Clark, C., 1951. Urban population densities. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, 114(4), pp. 490-496.
- Combes, P.P., Duranton, G., Gobillon, L., Puga, D. and Roux, S., 2012. The productivity advantages of large cities: Distinguishing agglomeration from firm selection. *Econometrica*, 80(6), pp. 2543-2594.
- Cowgill, G.L., 2004. Origins and development of urbanism: Archaeological perspectives. *Annual Review of Anthropology*, pp. 525-549.
- Dahlberg, M. and Gustavsson, M., 2008. Inequality and Crime: Separating the Effects of Permanent and Transitory Income. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 70(2), pp. 129-153.
- d'Aspremont, C., Gabszewicz, J.J. and Thisse, J.F., 1979. On Hotelling's "Stability in competition". *Econometrica*, pp. 1145-1150.
- de Almeida Abreu, M. and Le Clerre, G., 1994. Reconstruire une histoire oubliée. Origine et expansion initiale des favelas de Rio de Janeiro. *Genèses*, 16(1), pp. 45-68.
- de la Barra, T., 1989. Integrated land use and transport modelling. Decision chains and hierarchies. s.l.: Number 12. *Cambridge Urban and Architectural Studies*.
- de Lara, M., de Palma, A., Kilani, M. and Piperno, S., 2012. Congestion pricing and long term urban form: Application to Paris region. *Regional Science and Urban Economics*, Volume 43, pp. 282-295.
- de Palma, A., Ginsburgh, V., Papageorgiou, Y.Y. and Thisse, J.F., 1985. The principle of minimum differentiation holds under sufficient heterogeneity. *Econometrica*, pp. 767-781.
- de Palma, A., Lindsey, R., Quinet, E. and Vickerman, R., 2011. A Handbook of Transport Economics. s.l.: *Edward Elgar Publishing*.
- de Palma, A., Motamedi, K., Picard, N. and Waddell, P., 2005. A model of residential location choice with endogenous housing prices and traffic for the Paris region. *European Transport*, Issue 31, pp. 67-82.
- de Palma, A., Picard, N., Angoustures, P. and Meyer, B., 2013. Étude sur les externalités des télécentres, s.l.: *PMP/ENS de Cachan*.
- de Palma, A., Picard, N. and Waddell, P., 2007. Discrete choice models with capacity constraints: An empirical analysis of the housing market of the greater Paris region. *Journal of Urban Economics*, 62(2), pp. 204-230.

- Deneubourg, J.L. and Franks, N., 1995. Collective control without explicit coding: the case of communal nest excavation. *Journal of insect behavior*, 8(4), pp. 417-432.
- Dobbs, R., Smit, S., Remes, J., Manyika, J., Roxburgh, C. and Restrepo, A., 2011. Urban World: Mapping the economic power of cities, s.l.: *McKinsey*.
- Duranton, G. and Puga, D., 2005. From sectoral to functional urban specialisation. *Journal of Urban Economics*, 57(2), pp. 343-370.
- Echenique, M.H., Flowerdew, A., Hunt, J.D., Mayo, T.R., Skidmore, I.J and Simmonds, D.C, 1990. The MEPLAN models of Bilbao, Leeds and Dortmund. *Transport Reviews*, 10(4), pp. 309-322.
- Elzinga, D., Fulton, L., Heinen, S. and Wasilik, O., 2011. Advantage Energy: Emerging Economies, Developing Countries and the Private-Public Sector Interface, s.l.: *OECD Publishing*.
- Feldman, M.P. and Audretsch, D.B., 1999. Innovation in cities: Science-based diversity, specialization and localized competition. *European Economic Review*, 43(2), pp. 409-429.
- Fournier, J.M., Koske, I., Wanner, I. and Zipperer, V., 2013. The price of oil - will it start rising again?, s.l.: *OECD economic department working paper* No. 1031.
- Fujishima, S., 2012. Evolutionary implementation of optimal city size distributions. *Regional Science and Urban Economics*, Volume 43, pp. 404-410.
- Fujita, M., Krugman, P.R. and Venables, A.J., 1999. The spatial economy: cities, regions and international trade. s.l.: *Wiley Online Library*.
- Fujita, M. and Thisse, J.F., 1997. Economie géographique, problèmes anciens et nouvelles perspectives. *Annales d'Economie et de Statistique*, pp. 37-87.
- Fuller, R.A. and Gaston, K.J., 2009. The scaling of green space coverage in European cities. *Biology Letters*, 5(3), pp. 352-355.
- Gabaix, X., 1999. Zipf's Law and the Growth of Cities. *The American Economic Review*, 89(2), pp. 129-132.
- Gabaix, X., 1999. Zipf's law for cities: an explanation. *The Quarterly Journal of Economics*, 114(3), pp. 739-767.
- Gabaix, X. and Ioannides, Y.M., 2004. The evolution of city size distributions. *Handbook of Regional and Urban Economics*, Volume 4, pp. 2341-2378.
- Gaigné, C., Riou, S. and Thisse, J.F., 2012. Are compact cities environmentally friendly?. *Journal of Urban Economics*, 72(2), pp. 123-136.
- Galster, G., Hanson, R., Ratcliffe, M.R, Wolman, H., Coleman, S. and Freihage, J., 2001. Wrestling sprawl to the ground: defining and measuring an elusive concept. *Housing Policy Debate*, 12(4), pp. 681-717.
- Garreau, J., 1991. Edge City: Life on the New Frontier. s.l.: *New York, Doubleday, AnchorBooks*.
- Glaeser, E.L. and Kahn, M.E., 2001. Decentralized employment and the transformation of the American city, s.l.: *National Bureau of Economic Research*.
- Glaeser, E.L., Kallal, H.D., Scheinkman, J.A. and Shleifer, A., 1991. Growth in cities
- Glaeser, E.L. and Shapiro, J.M., 2002. Cities and warfare: The impact of terrorism on urban form. *Journal of Urban Economics*, 51(2), pp. 205-224.
- Godefroy, P., 2011. Satisfaction dans la vie: les personnes se donnent 7 sur 10 en moyenne, s.l.: *INSEE*.
- Grimm, N.B, Faeth, S.H; Golubiewski, N.E, Redman, C.L, Wu, J., Bai, X. and Briggs, J.M, 2008. Global change and the ecology of cities. *Science*, 319(5864), pp. 756-760.
- Gu, J., 2009. China's private enterprises in Africa and the implications for African development. *European Journal of Development Research*, 21(4), pp. 570-587.
- Haag, G., 1990. Transport: a master equation approach. s.l.: *Urban Dynamics*.
- Hediger, W., 2000. Sustainable development and social welfare. *Ecological Economics*, 32(3), pp. 481-492.
- Heilig, G.K., 2012. World Urbanization Prospects The 2011 Revision. *Presentation at the Center for Strategic and International Studies* .
- Hotelling, H., 1929. Stability in Competition. *Economic Journal*, 39(153), pp. 41-57.

- Ingram, G.L.Z., 1999. Motorization and Road Provision in Countries and Cities, s.l.: *World Bank*.
- Ioannides, Y.M. and Overman, H.G., 2003. Zipf's law for cities: an empirical examination. *Regional Science and Urban Economics*, 33(2), pp. 127-137.
- Jackson, K.T., 1996. All the World's a mall: Reflections on the social and economic consequences of the American shopping center. *The American Historical Review*, 101(4), pp. 1111-1121.
- Jacobs, J., 1969. The Economy of Cities. s.l.: *Random House*.
- Kahn, M.E., 2005. The death toll from natural disasters: the role of income, geography, and institutions. *Review of Economics and Statistics*, 87(2), pp. 271-284.
- Kamal-Chaoui, L., 2010. Trends in Urbanisation and Urban Policies in OECD Countries: What Lessons for China?, s.l.: *OECD*.
- Kaplan, S., 1995. The restorative benefits of nature: Toward an integrative framework. *Journal of Environmental Psychology*, 15(3), pp. 169-182.
- Kellenberg, D.K. and Mobarak, A.M., 2008. Does rising income increase or decrease damage risk from natural disasters?. *Journal of Urban Economics*, 63(3), pp. 788-802.
- Kostof, S., 1993. The City Shaped: Urban Patterns and Meaning Throughout History. s.l.: *Bulfinch Press*.
- Kwan, M.P., Dijst, M. and Schwanen, T., 2007. The interaction between ICT and human activity-travel behavior. *Transportation Research. Part A, Policy and Practice*, 41(2), pp. 121-124.
- Lafourcade, M. and Thisse, J.F., 2011. New Economic Geography: the role of transport costs. *Handbook of Transport Economics*.
- Lanz, B. and Provins, A., 2011. Valuing local environmental amenity: using discrete choice experiments to control for the spatial scope of improvements, s.l.: *CEPE Center for Energy Policy and Economics, ETH Zurich*.
- Lefèvre, B., 2010. Urban Transport Energy Consumption: Determinants and Strategies for its Reduction. An analysis of the literature. *Surveys and Perspectives Integrating Environment and Society*, Issue 2.3.
- Lenz, B. and Nobis, C., 2007. The changing allocation of activities in space and time by the use of ICT-"Fragmentation" as a new concept and empirical results. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 41(2), pp. 190-204.
- Lévy, J., 2013. Réinventer la France. s.l.: *Fayard*.
- Lieber, E. and Syverson, C., 2011. Online vs. offline competition. *Peitz, M., Waldfogel*.
- Litman, T., 2013. Understanding Transport Demands and Elasticities, s.l.: *Victoria Transport Policy*.
- Loginova, O., 2009. Real and Virtual Competition. *The Journal of Industrial Economics*, 57(2), pp. 319-342.
- Long, J.E., Rasmussen, D.W. and Haworth, C.T., 1977. Income inequality and city size. *The Review of Economics and Statistics*, 59(2), pp. 244-246.
- Marchetti, C., 1994. Anthropological invariants in travel behavior. *Technological Forecasting and Social Change*, 47(1), pp. 75-88.
- Markusen, A. and Schrock, G., 2006. The distinctive city: divergent patterns in growth, hierarchy and specialisation. *Urban Studies*, 43(8), pp. 1301-1323.
- Marshall, A., 1890. Principles of Economics. s.l.: *London: Macmillan*.
- Marshall, J.D., 2007. Urban land area and population growth: a new scaling relationship for metropolitan expansion. *Urban Studies*, 44(10), pp. 1889-1904.
- Melo, P.C., Graham, D.J. and Noland, R.B., 2009. A meta-analysis of estimates of urban agglomeration economies. *Regional Science and Urban Economics*, 39(3), pp. 332-342.
- Mieszkowski, P. and Mills, E.S., 1993. The causes of metropolitan suburbanization. *The Journal of Economic Perspectives*, 7(3), pp. 135-147.
- Mills, E.S., 1967. An aggregative model of resource allocation in a metropolitan area. *The American Economic Review*, 57(2), pp. 197-210.
- Mills, E.S., 1972. Studies in the structure of the urban economy. s.l.: *Resources for the Future by Johns Hopkins Press (Baltimore)*.
- Moreno, E. L., 2013. State of the World's cities, s.l.: *UN Habitat*.

- Mulligan, G.F. and Carruthers, J.I., 2011. Amenities, Quality of Life, and Regional Development. In: *Investigating Quality of Urban Life*. s.l.: Springer, pp. 107-133.
- Mumford, L., 1938. *The Culture of Cities*. s.l.: *Harcourt Brace and Company*.
- Mumford, L., 1961. *The City in History*. s.l.: *Harcourt, Brace and World, Inc.*
- Muth, R., 1969. *Cities and Housing*. *University of Chicago Press*.
- Myers, N., 2002. Environmental refugees: a growing phenomenon of the 21st century. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 357(1420), pp. 609-613.
- Newman, M.E., 2005. Power laws, Pareto distributions and Zipf's law. *Contemporary Physics*, 46(5), pp. 323-351.
- Newman, P. and Hogan, T.S., 1987. Urban Density and Transport: A simple model based on three city types. *Transport Research Paper*, Issue 1/87.
- Newman, P. and Kenworthy, J., 1999. *Sustainability and cities: overcoming automobile dependence*. s.l.: *Island Press*.
- Newman, P. and Kenworthy, J., 2006. Urban design to reduce automobile dependence. *Opolis*, 2(1).
- Newman, P. and Kenworthy, J.R., 1996. The land use-transport connection: An overview. *Land Use Policy*, 13(1), pp. 1-22.
- Perlman, J.E., 2007. Marginality from myth to reality, the favelas of Rio de Janeiro 1968-2005. *Mega-Cities Project*.
- Pfaffenbichler, P., 2003. The strategic, dynamic and integrated urban land use and transport model MARS (Metropolitan Activity Relocation Simulator). s.l.: *Institut für Verkehrsplanung und Verkehrstechnik der Technischen Universität Wien*.
- Picard, N., de Palma, A. and Inoa, I.A., 2013. Discrete Choice Decision-Making with Multiple Decision Makers within the Household. *Mathematical Population Studies*.
- Porter, M.E., 1990. *The Competitive Advantage of Nations*. s.l.: *New York: Free Press*.
- Proost, S. and van der Loo, S., 2013. *Policy insights and insights for sustainability*, s.l.: *European Commission*.
- Putman, S.H., 1991. DRAM/EMPAL ITLUP Integrated Transportation Land-Use activity allocation models: general description.
- Redding, S. and Venables, A.J., 2004. Economic geography and international inequality. *Journal of International Economics*, 62(1), pp. 53-82.
- Rees, W. and Wackernagel, M., 2012. Urban ecological footprints: why cities cannot be sustainable - and why they are a key to sustainability. *The Urban Sociology Reader*, p. 157.
- Reilly, W.J., 1931. *The Law of Retail Gravitation*. s.l.: *New York: Published by the Author*.
- Roback, J., 1982. Wages, Rents, and the Quality of Life. *Journal of Political Economy*, 90(6), pp. 1257-1278.
- Romer, P.M., 1986. Increasing Returns and Long Run Growth. *Journal of Political Economy*, Volume 94, pp. 1002-1037.
- Rosenthal, S.S. and Strange, W.C., 2004. Evidence on the nature and sources of agglomeration economies. *Handbook of Regional and Urban Economics*, Volume 4, pp. 2119-2171.
- Scarpa, R., Campbell, D. and Hutchinson, W.G., 2007. Benefit estimates for landscape improvements: sequential Bayesian design and respondents rationality in a choice experiment. *Land Economics*, 83(4), pp. 617-634.
- Schafer, A., 2000. Regularities in travel demand: an international perspective. *Journal of Transportation and Statistics*, 3(3), pp. 1-31.
- Schaffar, A., 2010. Quelle est la nature de la croissance urbaine indienne?. *Revue d'économie du développement*, 24(2), pp. 101-120.
- Shen, L.Y., Jorge Ochoa, J., Shah, M.N. and Zhang, X., 2011. The application of urban sustainability indicators-A comparison between various practices. *Habitat International*, 35(1), pp. 17-29.
- Shen, X., 2013. Private Chinese investment in Africa: myths and realities. *World Bank Policy Research Working Paper*, Issue 6311.

- Sicular, T., Ximing, Y., Gustafsson, B. and Shi, L., 2007. The urban-rural income gap and inequality in China. *Review of Income and Wealth*, 53(1), pp. 93-126.
- Simmonds, D., 1999. The design of the DELTA land-use modelling package. *Environment and Planning B*, Volume 26, pp. 665-684.
- Sjoberg, G., 1960. The preindustrial city: past and present. s.l.: *New York: Free Press*.
- Small, K.A. and Song, S., 1994. Population and employment densities: structure and change. Société du Grand Paris, 2013. Le Nouveau Grand Paris, s.l.: *Société du Grand Paris*.
- Solard, G., 2010. Le commerce de proximité, s.l.: *INSEE*.
- Strotz, R.H., 1965. The Public Economy of Urban Communities. s.l.: *J. Margolis, ed.*
- Thisse, J.F., 2012. Avis du conseil scientifique sur l'évaluation socio-économique du schéma d'ensemble du réseau de transport public du Grand Paris, s.l.: *Société du Grand Paris*.
- Thorbecke, E. and Charumilind, C., 2002. Economic inequality and its socioeconomic impact. *World Development*, 30(9), pp. 1477-1495.
- Trancik, J.E., Chang, M.T., Karapataki, C. and Stokes, L.C., 2013. Effectiveness of a Segmental Approach to Climate Policy. *Environmental Science and Technology*.
- Tsui, K.Y., 2007. Forces shaping China's interprovincial inequality. *Review of Income and Wealth*, 53(1), pp. 60-92.
- Turok, I., 2004. Cities, regions and competitiveness. *Regional Studies*, 38(9), pp. 1069-1083.
- United Nations, 2012. World Urbanization Prospects The 2011 Revision, s.l.: *United Nations*.
- van den Bergh, J.C. and Verbruggen, H., 1999. Spatial sustainability, trade and indicators: an evaluation of the ecological footprint. *Ecological Economics*, 29(1), pp. 61-72.
- van den Berg, P., Arentze, T. and Timmermans, H., 2013. A path analysis of social networks, telecommunication and social activity-travel patterns. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, Volume 26, pp. 256-268.
- van Lier, T., De Witte, A. and Macharis, C., 2012. The impact of telework on transport externalities: the case of Brussels Capital Region. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, Volume 54, pp. 240-250.
- Verhoef, E., 1994. External effects and social costs of road transport. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 28(4), pp. 273-287.
- Viscusi, W.K., 2009. Valuing risks of death from terrorism and natural disasters. *Journal of Risk and Uncertainty*, 38(3), pp. 191-213.
- Warner, K., 2010. Global environmental change and migration: Governance challenges. *Global Environmental Change*, 20(3), pp. 402-413.
- Wegener, M., 2004. Overview of land-use transport models. *Handbook of transport geography and spatial systems*, Volume 5, pp. 127-146.
- White, E.V. and Gatersleben, B., 2011. Greenery on residential buildings: Does it affect preferences and perceptions of beauty?. *Journal of Environmental Psychology*, 31(1), pp. 89-98.
- Willis, H.H., 1980. Patterns of urban and rural population growth, s.l.: *United Nations*.
- Willis, H.H., 2007. Guiding resource allocations based on terrorism risk. *Risk Analysis*, 27(3), pp. 597-606.
- Yuan, Y., Raubal, M. and Liu, Y., 2012. Correlating mobile phone usage and travel behavior-A case study of Harbin, China. *Computers, Environment and Urban Systems*, 36(2), pp. 118-130.

Regulation by irreversible commitment: using credible threats as an incentive to deploy new infrastructure*

Alexandre Guimard¹⁹¹, Martin Cave¹⁹²

Abstract

Regulation in the sector of telecommunications is a complex process. On the one hand, regulation seeks to stimulate competitive prices for Internet users. On the other hand, regulation acknowledges that access prices should be sufficiently high to encourage investments by private operators. In this paper, we argue that the State's project of deploying a subsidized network can be a credible threat, encouraging the incumbent private operator to rapidly deploy its own infrastructure. We suggest a simple model showing the incumbent's rationality in deploying a new network compared with the credible threat of a private or public entity. We will discuss two cases to present this approach: a local case in France where the incumbent deploys in towns to counter a public initiative. In Qatar, the incumbent deployed an FTTH network, covering the entire population to counter the threat of a new wholesale public operator. The subsequent regulatory issue is then how to enforce an open access obligation in order to develop the service-based competition and how to set an optimal access price which properly compensates the private incumbent for the costs and risks of investment.

* This research was conducted at Tera Consultants and funded by the Communications Regulatory Authority (CRA) in Qatar. The views expressed in this paper are those of the authors and do not necessarily reflect the views of the CRA.

I am very grateful to CRA's members, especially to Rainer Schnepfleitner and Pascal Dutru, Laurent Benzoni (CRED-Sorbonne, Tera Consultants), Marcel Boyer (Montréal University), Arthur Cagniot, and Natalia Shutova (Tera Consultants) for discussions and helpful comments. I am also very grateful to Sarah Clignet for editorial support.

¹⁹¹ ENS Cachan, CRED-Sorbonne University, France

¹⁹² Imperial College Business School, UK

Introduction

In an environment in which the telecommunications industry is open to competition, competitive pressure would be sufficient to render old technologies¹⁹³ obsolete. The new fibre technology would be deployed up to a defined point and to replace the copper wire local loop very quickly. Market mechanisms would do the job, and no specific regulatory measure would be required—at least for the denser zones.

Reality, however, pointed elsewhere. Left to itself, the market did not deploy new networks as expected and access prices did not give local economies and clients the opportunity fully to reap the positive effects fibre optic networks are capable of generating: productivity gains, improved connectivity, growth and more. To compensate, nonmarket interventions came back with force: standard public intervention tools (direct investments, subsidies to foster investment or operations) and regulation (mandatory access, regulated tariffs on wholesale markets, etc.) are often applied.

First, when private initiative isn't enough, public subsidies are necessary. Arthur D. Little (2013) pointed out that in countries such as the United States, the United Arab Emirates, Hong-Kong, or Saudi Arabia, where markets are not regulated and where public investment is practically non-existent, Internet client penetration is relatively high, but coverage is relatively low, meaning that there will be a digital divide.

Second, regulation seems to be mandatory as a means to ensure competition in services and provide a broader offering of Internet access plans, but how do you concomitantly incite private operators to invest in new network technologies? While regulation may have a very positive impact on competition and retail prices, it can also stifle access, and lead private operators to shun investing in new optic fibre networks (Crandall, Eisenach, and Ingraham 2013).

This article assesses the current debate on how to incite the development of new infrastructure to replace older networks. It puts forth a mix of public intervention and regulation to create what market players will perceive as an irreversible commitment by public powers, and which serves as a credible threat to force market players to invest. The overall idea is to initiate competition in infrastructure and services by mobilizing public funds where private initiatives have been recognized as insufficient. Section Chapitre 2Essai 14 of this article explains the different reasons for insufficient private investment in fibre networks, thus requiring regulatory incentives. Section Chapitre 2Essai 15 presents the regulatory tools currently available to incite fibre deployment. In Section Chapitre 2Essai 16, a simple game theory model is built to illustrate the strategic interactions at the origin of the

¹⁹³ copper pairs in local loop networks used by telecommunications companies (telcos), or coaxial cables used by cable-operators

State's credibility threat. The analysis is applied to two examples in Sections Chapitre 2Essai 17 and Chapitre 2Essai 18; first on a local level, in France, and at a national level in Qatar. We show that the public initiative in both cases, and especially in Qatar, created a credible threat pushing the incumbent and dominant telco to *in fine* deploy its own network. After assessing how the private operator responded to the State's credible threat, Section Chapitre 2Essai 19 focuses on the need to set up fair regulation for access, to help new market players enter the market and reward the private operator for the investment, both in terms of cost and risk. Finally, Section Chapitre 2Essai 110 concludes with questions regarding fibre deployment in Qatar, and which are also present across many national markets. At this level, the regulatory approach by credible threat, as presented in Section Chapitre 2Essai 16, can be an innovative and efficient measure.

1 Why don't private players deploy fibre networks? Or drag their feet in doing so?

A number of factors, which we will detail here-after, shed light on why the private initiative has been insufficient to deploy a fibre network, and requires State's intervention to deploy very high-speed networks territory-wide.

1.1 Externalities

When there are positive externalities, the level of investment for telecommunications operators (telco) is at equilibrium, lower than the social optimum (welfare), because telcos do not fully internalize the positive effects created by higher Internet bandwidth for innovative services and corporate efficiency (smart city, e-government, e-learning, e-health, etc.). In other words, the social benefits of deploying telecommunications infrastructure cannot be circumscribed to revenues generated by telcos (Firth et Mellor 2005, Katz et Shapiro 1986). Few studies have detailed figures for FTTH contribution to GDP growth, and results vary from one study to the next (Kenny, 2015; Rohman and Bohlin 2012). More, no all the beneficial impact of telecommunications networks are always monetized. As an example, a better performing telecommunications network can foster teleworking or working from home, thus reduce traffic congestion and lowering air pollution (Mitomo and Jitsuzumi 1999).

1.2 Market structure

Market structure can explain the inefficiency in private initiatives since investing in fibre is a huge opportunity cost for the dominant telco, because the copper network generates a rent which could be cannibalized by the new fibre network. This *replacement effect* (Arrow 1962) "*can [...] be expected to be crucial in view of an average European (EU27) household fixed broadband penetration rate of*

62.8% in 2011” (Briglauer and Gugler 2013).

Reversely, “*innovation by neck and neck firms is always stimulated by higher competition*”¹⁹⁴ (Aghion et al. 2014, Aghion and al. 2002), explaining why competition in infrastructure seems to be an incentive to deploy new infrastructure. According to Crandall, Eisenach, and Ingraham (2013), the fastest fibre-deploying countries are also those where competition between cable-operators and telcos was the strongest. Indeed, the incumbent, generally a telco which owns the copper network, is incited to invest in fibre to remain competitive and to continue to reap a rent – at least for a short period – especially if a competing cable-operator can progressively increment their network to very high-speed.

It is important, however, to note that at a given level of competition, the incentive to invest will drop as the hopes of deriving a rent dwindle (Schumpeter, 1934). Yet, the European Commission sought to open networks to promote competition in services, while this opening could discourage the incumbent from investing in new network technologies (Crandall, Eisenach, and Ingraham 2013, Briglauer and Gugler 2013).

Finally, when there is competition, there are more players sharing the market. Intense competition can increase the risk if demand is insufficient to “fill up” the network and cover the network’s fixed costs. In this case, intense competition can also increase the investment risk and therefore the cost of capital, lowering the incentive to invest (Briglauer, Ecker, and Gugler 2013, Shutova 2013).

1.3 The investment risk

When private investors decide to invest in new telecommunications networks, they are naturally very sensitive to the investment risk which is, above all, created by a set of irrecoverable costs. Indeed, certain amounts earmarked for investment cannot be recovered later on if revenues are too low and/or because costs are too high. Revenue and cost uncertainty are often linked to market share and/or user migration rate from copper to cable (Katsianis and al. 2012, Cambini and Silvestri 2012, Kroes 2011). If a telco has the chance to wait until it has positive information regarding the investment risk, it will do so. This valuable “wait and see” option can lower the investment risk, but this lag in fibre deployment can work against national deployment objectives. To meet this challenge, a real option approach can be interesting to evaluate the optimal price of access which compensates the private operator at the real option value, pressuring the operator to not delay investment (Mathieu Tahon et al. 2014).

¹⁹⁴ This effect is called “the escape competition effect”

1.4 Retail price levels

The price difference between copper and fibre subscriptions is also a determining factor in inciting telcos to invest in a fibre network. All other things equal,

- a cheap subscription rate for copper lowers Internet users' motivation to migrate to fibre, which consequently lowers the telcos' incitation to invest in fibre.
- low prices on the very high-speed market also lower operators' incentive to invest. This is the case when competition is intense and prices are "competitive"¹⁹⁵.

So, the above-mentioned factors explain why a private operator may not want to invest as much or as fast as they should in a fibre network. In any event, a lag in fibre roll-out can impact a country's economy either short or long term, because the country must implement major efforts to catch-up other countries with sounder economies due to optimally rolled out fibre networks. Given this context, each State should implement all means to quickly and efficiently deploy a new telecommunications network.

2 How to incite fibre deployment?

In this next section we will detail a list of traditional regulatory measures to help push very high-speed Internet deployment.

2.1 Wholesale prices

On September 11, 2013, the European Commission recommended (UE 2013) higher wholesale prices on copper networks to reduce the price gap between retail prices for broadband Internet access and very high-speed fibre access. The Commission felt that higher retail prices for copper would speed up subscriber migration from copper to fibre. This approach meets the issue of switching-off copper networks raised by N. Kroes in 2011 (cf. above). Actually, higher wholesale prices for copper have several adverse effects on private incentives to invest in the fibre network (Bourreau, Cambini, and Doğan 2012, Cave, Fournier, and Shutova, 2012).

2.2 *Regulatory holidays and deregulation*

The obligation to open up networks combined with regulation based solely on deployment costs and excluding investment risk does not sufficient incentive for a private operator. On the other hand, a private operator is willing to invest if it can anticipate high prices buoyed by market power; making

¹⁹⁵ We note that very high-speed Internet competition is more intense than it is on copper networks (Crandall, Eisenach, et Ingraham 2013)

the investment profitable. The regulator can thus choose to not regulate network access for a given time period in two different ways.

First, the regulator may declare regulatory holidays meaning the body will not regulate incumbents until a given date or until a criteria milestone has been reached¹⁹⁶. The regulator can also specify whether it will or will not regulate access to the network once the milestone has been attained. The advantage of this policy is that one or more operator(s) should be willing to pre-empt the market by rapidly investing because they can, albeit temporarily, benefit from market power through higher retail prices during the first phase of very high-speed deployment, thus incur lower investment risk (Nitsche and Wiethaus, 2011).

Second, the regulator may voluntarily choose to not announce how it will regulate access to the new network, leaving operators in limbo for the following weeks, months or years¹⁹⁷.

2.3 Co-investment and network sharing

Network deployment costs can be shared by co-investing, either *ex-ante* or *ex-post* (Bourreau, Cambini, and Hoernig 2012). Operators can share fixed costs linked to distinct work phases to deploy several cables in optic fibre, or agree to share the total coverage in different geographic areas and provide access to other competitors.

Rendon Schneir et Xiong (2013) showed that, on average, in co-invested FTTH networks in France, Germany and Great Britain, a non-sharing historic operator whose market share is lower than the combined market share of alternative operators, bears a higher cost per « connected house » than alternative operators who deploy a shared network.

At the national level, co-investment can be a means to increase very high-speed network coverage and reduce network duplication (Inderst and Peitz 2012). For Marc Bourreau (2013), however, co-investment does not necessarily lead to higher coverage if the incumbent operator wields a monopoly and is the sole operator to deploy the most expensive zones.

Regulators can also be willing to set a legal framework for co-investment amongst network operators because co-investment can reduce anticompetitive practices of a local monopoly. In such a case, the regulator should thus ensure that the access regulation does not harm co-investment. Nevertheless, it seems difficult in practice to evaluate the optimal access price of fibre networks because the relationship between access price and co-investment levels of private investors is not linear (Marc

¹⁹⁶ In Turkey for example, the regulator did not oblige the incumbent to open its networks so long as fibre penetration didn't top 25% (OECD, 2014)

¹⁹⁷ The Canadian regulator, for example, refused to clearly state its policy regarding the obligation to open the fibre network as long as it was not fully deployed (Crandall, Eisenach, and Ingraham 2013)

Bourreau 2013).

2.4 Taxes or subsidies?

Taxing the old technology is an interesting option to incite operators to invest in the new technology (Martin Cave 2010), and public subsidies may be necessary when private operators do not invest in less densely-populated zones which are not profitable (European Commission 2010b, OECD 2014). In the late 1990's, Sweden pioneered rural zone coverage where 85% of the population lives, by subsidising fibre deployment (Babaali 2013). France's « Very High Speed Plan » is another example of using public subsidies to finance deployment in low-density zones. In such zones, local municipalities choose bidder seeking the most efficient operator requiring the lowest subsidy, in order to minimize public outlays.

2.5 Deploying a subsidised public network

When a public entity deploys a telecommunications network across an entire national territory, it can do so to meet a government's priority to provide the population with quick access to very high speed Internet. In practice, the State can handle a number of operational challenges to establish an entente with private operators. Private operators may feel excluded from the fibre deployment process and might also consider that the State does not fairly compensate all opportunity costs on existing networks which are able to deliver very high-speed Internet. Furthermore, as a subsidized project is not meant to be profitable, the State can over-value social benefits and be too ambitious in its projects, which then become very costly for taxpayers. The Australian example of a government-financed national broadband network is a case in point, in the course of which a new government reviewed its predecessor's very expensive deployment plan (Beltrán 2013, Australian Government 2014). Actually, a complete deployment of a subsidized network is not always required to deal with insufficient Internet speeds. Indeed, a subsidized network can become a credible threat for the dominant private operator leading to further private investments. This argument is further detailed in the next section.

3 A model to incite infrastructure deployment using a credible threat

Avinash Dixit (1982) already demonstrated that an existing enterprise can benefit by committing irreversibly to certain types of costs. A company can, for example, increase production capacity as a means to impede new entrants from entering onto its market. In their model, when the incumbent commits and invests in production capacities, it can react to market entries by launching a price war. A new market entrant does not risk entering a market if it deems that the incumbent will launch a

price war. So, when an incumbent commits, it can maintain its dominant position and keep new market entrants away.

In our case, if the State engages by partially deploying the fibre network, the private operator anticipates that if it doesn't deploy its network the State will do so. The private operator invests if it prefers to deploy its own network rather than depends on a State subsidized network. In consequence, a partial deployment of a subsidized network can suffice to incite a dominant player.

We present hereafter a sequential game to illustrate this argument. In this model, the State may first decide to invest partially or not in a fibre network (irrecoverable costs). Second, the incumbent, owning the copper network, monitors the subsidized operator's investments and decides to invest or not. Third, the subsidized operator decides whether or not to complete the investment. There situations are thus possible:

- Users do not have access to a fibre-based Internet offer because neither the State nor the private operator has deployed the fibre network. In this case, the profit of the incumbent is denoted by π_m^c .
- Users have access to a fibre-based Internet offer but there is no infrastructure competition: the fibre network is deployed by a single market player, either a subsidized operator or an incumbent. The profits of the incumbent are denoted by π_0^f and π_m^f respectively.
- Users have access to a fibre-based Internet offer and there is infrastructure competition: the fibre network is duplicated since the State and the private operator have invested in their own network. In this case, the profit of the incumbent is denoted by π_d^f .

We suppose that the State internalizes a social benefit, denoted by S , with $S \geq 0$, due to the construction of a fibre network deployed by either the subsidized operator or the private operator. Total and partial deployment costs are denoted by D and d respectively, with $0 < d \leq D$.

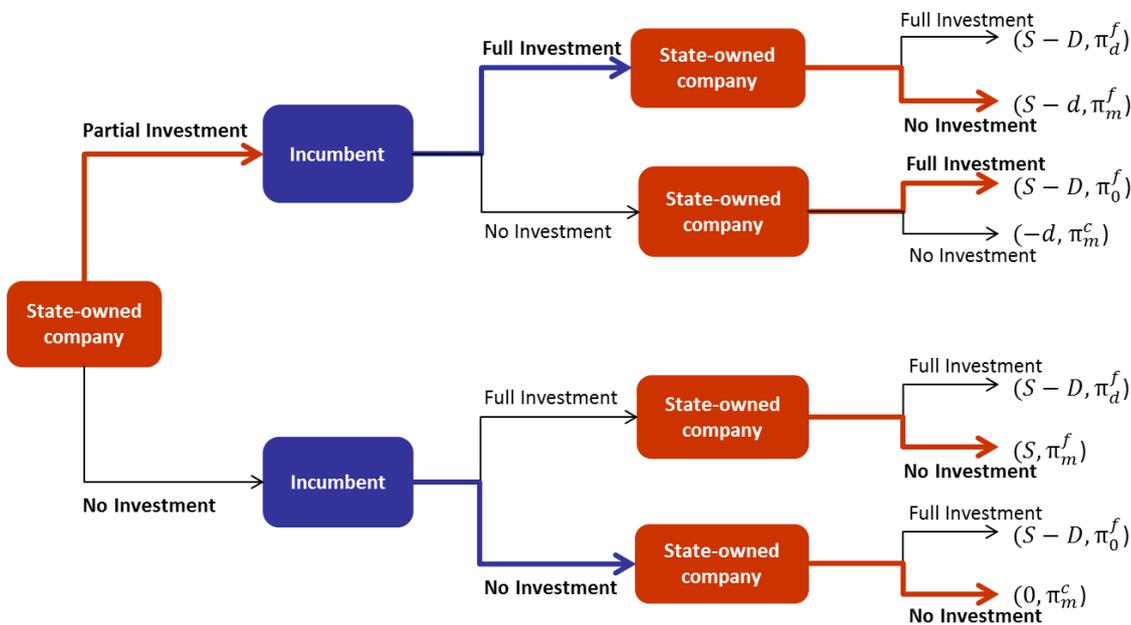
Hypothesis 12: the historic operator prefers to retain its monopolistic position on the copper network, rather than build a dominant position on the fibre network: we have $\pi_m^c > \pi_m^f$. Indeed, the operator which invests in a fibre network is often obliged to open its network to other competitors and it can be difficult for the incumbent to retain its strong market power on the very high-speed market. In addition, we believe that the incumbent prefers to provide an Internet service via its own network rather than depend on its subsidized network, we have $\pi_m^f > \pi_0^f$.

Hypothesis 13: the net benefit for the State which invests in a fibre network is negative, we have $S - D < 0$. In other terms, we suppose that the State doesn't want to invest, alone, to deploy the fibre network. One of the reasons may be that the expected benefits are not in line with the deployment costs. Indeed, the State often has to compensate the incumbent to access the incumbent's trenches or build new trenches to deploy its own network, which may impact budget equilibrium.

The model is illustrated in its extensive form in Figure. At the end of each branch, we note the gains (G_S, G_H) with G_S and G_H the net benefit for the State and incumbent respectively. The model can be resolved by backward induction.

- 1) we know that $S - D < S - d$, $S - D < S$ because $D > 0$ and $S \geq 0$, and $S - D < 0$ based on Hypothesis 13. If $S - D > -d$, we deduce that after having borne irrecoverable costs, d , if the incumbent doesn't deploy a fibre network, the State will decide to finish deploying the network.
- 2) based on Hypothesis 1, we know that $\pi_m^f > \pi_0^f$ et $\pi_m^c > \pi_m^f$. If the State decides to invest partially in the network, the incumbent will then fully deploy its own network. If, the State doesn't build a network, then the private operator will not invest in the network and users will not gain from a very high-speed network.
- 3) the final choice is made around the first ring of the tree: the State will decide to engage if $S - d > 0$.

Figure : The game in its extensive form



Property: given Hypothesis 1, and 2, and under conditions $S - D > -d$ and $S - d > 0$, the State will choose to partially deploy the network, leaving the incumbent to fully deploy its own fibre network. So, based on $S > d > D - S$, partial investment is a credible threat for the private operator. Below the threshold $D - S$, the threat is not credible.

Under partial information, we can be led to believe that the fibre's social benefit, S , is harder to ascertain for the private operator than objective costs d and D . The private operator can thus over or under-estimate fibre's social benefits. In consequence, the regulator can also lie about the true social value of fibre and announce an over-estimated value so that a non-threatening situation becomes a credible threat.

Proposition: under partial information, if the irreversible cost is too weak and we have $d + \tilde{S} \leq D$,

with \tilde{S} the incumbent's believe concerning the real value S , the threat is not credible, so neither the incumbent nor the State invest. It seems *a priori* possible that the State will launch a communications plan to increase \tilde{S} . With the hypothesis that the marginal cost \tilde{S} is increasing, we can simply deduct that if the marginal cost \tilde{S} is lower than the unit, the State will decide to increase \tilde{S} before investing in infrastructure.

To conclude, this simple model helps understand the mechanisms of a credible threat when applied to the telecommunications sector. A credible threat carried out by a regulator seems useful to incite infrastructure deployment by a private operator in a monopolistic situation. In the following sections we will illustrate these theoretical viewpoints with two examples.

4 A credible threat to deploy a fibre network, a local French case

We feel that engaging local municipalities either helped incite or incited the incumbent in France to move forward in its deployment plan and announce full coverage of FTTH in specific zones.

In November 2011, the Europ' Essonne Agglomeration Community granted the Tutor company a public service delegation to deploy an FTTH network in 10 towns. To balance Tutor's balance sheet (about 10M€), the delegation conditions granted Tutor a subsidy. Four towns were considered priorities as they had poor ADSL coverage. Orange (the French incumbent) did not partake in the bid for tender launched by the town, but the operator had announced that it was thinking about deploying an independent fibre network in 2015 in the four priority towns, with the other towns thereafter.

Once Tutor had initiated the first investments, Orange announced that it was moving its deployment calendar up two years, from 2015 to 2013, for the four priority towns and including a new town as well.

We can reasonably suppose that the copper incumbent, Orange, had no incentive to make a quick fibre deployment, so long as there were no perceived outside threat. The fibre threat became reality when a competitor to its copper network became credible, and even more so when the subsidized network deployment was initiated. In the city of Massy, the subsidized operator began to deploy its network, and decided to continue deploying in zones not covered by the private operator, Orange. This threat pushed Orange to deploy its own network across the city.

5 Using a credible threat to deploy fibre in Qatar

The credible threat on a small level within an agglomeration of towns can be replicated in a country with Qatar's geography. The subsidized operator's project to deploy fibre seems to have incited the

incumbent to quickly roll out its own network as a means to keep its dominant position.

Historically, and unlike many developed countries Qatar's incumbent, Ooredoo (previously Qtel) has always had a dominant position on the copper-based fixed-line high speed Internet market. No other cable network had been deployed and satellite operators focused on TV programs. More, the regulator did not have the sanction powers to impose access obligation with a regulated price to set up service competition on the high-speed market.

It seems reasonable to assume that because of its monopolistic position in the high-speed market incumbent, Ooredoo had little incentive to substitute its copper network with a fibre network¹⁹⁸.

Yet speedy deployment of Qatar's fibre network was required to reach Qatar's 2030 targets for a diversified economy and to develop a digital economy (General Secretariat For Development Planning, 2008).

In March 2011, after deeming that Ooredoo was not deploying the fibre network quickly enough, the Supreme Council of Information and Communication Technology (ictQATAR) decided to create a wholesale operator called qatari national broadband network (QNBN). This publicly funded operator was mandated to ensure rapid fibre roll-out for the entire population by 2015 and the open access to all retail operators.

Announcing a budget of \$550 million for fibre deployment, the qatari government clearly showed that it had the means to reach its objective. The two operators, Vodafone and Ooredoo apparently wanted to uphold the State's initiative to deploy an open fibre network to all operators since the two had signed a public-private partnership agreement with QNBN to deploy fibre.

In fact, parallel to these negotiations, Ooredoo did not slow down fibre deployment, but sped it up so that six months later and, in January 2012, it launched its first very high-speed offer on its own network. Actually, threatened by a public operator, the incumbent rationally and rapidly deployed in a first phase two-thirds of its fibre network so that Qatar became world leader in terms of fibre deployment speed¹⁹⁹ (Adlittle 2013). Indeed, if QNBN had deployed its network fibre before Ooredoo, Vodafone, the second operator with a mobile market presence, would probably have bought

¹⁹⁸ Fibre deployment was announced in March 2010

http://www.google.fr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCEQFjAA&url=http%3A%2F%2Fhua-wei.com%2Ffilink%2Fen%2Fabout-huawei%2Fnewsroom%2Fpress-release%2FHW_062735%253FKeyTemps%253DFTTH&ei=TpaEva2zB8H9UvCmgdGK&usq=AFQjCNEMotw-oAnDeu6Z9kMD9_-9I8HbkQ&bvm=bv.96952980,d.d24

<https://www.telegeography.com/products/commsupdate/articles/2010/08/31/qtel-and-huawei-begin-ftth-rollout/>

¹⁹⁹ Expressed as a percentage for additional households covered by fibre in a year.

QNBN's wholesale offer to rival Ooredoo on the fixed very high-speed market, and most likely launch quadruple play packages.

Despite Ooredoo's new public ambitions, in October 2012, the public entity budgeted \$500 million²⁰⁰ to deploy the fibre network, not far from the initial \$550 announced when the public entity was created in March 2011. At this point, however, the QNBN network could only be built parallel to Ooredoo's, since in May 2012 Ooredoo had already connected 126,000 households²⁰¹.

But as Ooredoo also anticipated that the State would deploy fibre across its territory if it didn't deploy its entire fibre network, it announced its goal to finish its fibre network by end 2014. Concomitantly, to avoid duplicating operating and maintenance costs, Ooredoo started to shut down its copper network: a world first.

To resume, the qatari public choice to engage in subsidized infrastructure deployment was undeniably efficient since only a limited subsidised fibre network roll-out was necessary to constitute a credible threat for the private operator. More, unlike levying taxes on private operators, the credible threat inciting deployment doesn't modify the market's price signals. The strength of this regulation strategy is also to limit the market distortion of inadequate regulation caused by information asymmetry between the State and operators.

6 Qatar's new challenges, using access regulation to spur competition

Qatar now has a fibre network meeting the government's objective (ICTQatar 2013). Ooredoo deployed its own fibre network faster than QNBN, leaving the fibre network in a private operator's hands, Ooredoo, which is bound only to financials.

Thus, while the fibre network is built, not all operators have access because Ooredoo naturally prefers to keep its dominant position on this market. Tariffs, like for very high-speed Internet are much higher in Qatar than average prices practiced in OECD countries. In 2013, for example, very high-speed Internet offers (>45 Mbps) for households were three times more expensive than in OECD countries (The Telecommunications Regulatory Authority 2014). Consecutively, the take-up rate for very high-speed Internet offers is very weak. In the last quarter of 2014, only 27% of households had access to very high-speed Internet at more than 10 Mbps, although the country was fully covered with a fibre

²⁰⁰ <https://www.telegeography.com/products/commsupdate/articles/2012/10/11/Qnbn-underlines-nationwide-2015-target-usd500m-initial-capex/>

²⁰¹ <https://www.telegeography.com/products/commsupdate/articles/2012/05/24/qtel-extends-ftth-contract-with-huawei/>

network.

One of the regulator's objectives is to reach competitive prices. More, the qatari government doesn't seem decided, for good reasons, to continue to invest in a parallel public network, open to other network operators, in order to establish competition and address excessive retail prices. Indeed, imposing the open access to the existing Ooredoo's fibre network, at fair and reasonable terms, seems sufficient to promote competitive retail prices and more innovation of services (OECD 2008, Booz&co 2008).

However, introducing service competition in Qatar, requires an independent regulator, with the power to sanction and impose wholesale tariffs because Vodafone's negotiation powers to set wholesale prices seem very limited.

The following question is also arising: how to set optimal wholesale prices? Before deploying a fibre network, the regulator must ensure that access price regulation isn't a barrier for new operators to invest in new information technologies (Bourreau, Cambini, and Hoernig 2012). In Qatar, even though the fibre network was deployed, this question remained nonetheless crucial to promote future technological developments. Access prices, set *ex-post*, should be high enough to compensate the private operator for investment costs and risks.

7 Conclusion

To conclude, many countries have only weakly competitive fixed telecommunications markets. Competition in infrastructure can be non-existent if there is neither a cable nor a satellite operator to compete with the copper incumbent. In this case, customers may benefit later than in other developed countries from very high-speed Internet. In turn, this situation would put the country at a disadvantage hampering its ability to compete internationally.

In a setting where there is infrastructure competition between the cable and the copper network, the cable-operator may seem incited to invest quickly to provide very high speed access, while the copper network operator may lag in deploying a very high-speed network. If the very high-speed market is pre-empted by a cable-operator, the financial and risk stakes rise even further for competitors, since if cable networks are not obliged to open their network via bitstream offers, competition levels may consequently drop in the migration from high-speed to very high-speed. The deployment of a fibre telecommunications network may thus introduce more competition. In any event, even if the cable-operator is obliged to open its networks, deploying a fibre network seems important to guarantee service innovation.

Consequently, accelerating the deployment of a fibre network is a key issue in many countries, and the main question is how to choose an optimal incentive mechanism for private operators.

The first solution lies in using a higher WACC, regulatory holidays or other standard policy means. The second solution for the State is to invest directly in a public network. The State's commitment via a small irreversible investment can also create a credible threat for private operators. This credible threat becomes a regulatory tool of its own, and is relatively powerful as it does not impact price signals and *a priori* does not require a large State investment. In the worst case scenario, if a State project does not push a private player to deploy concomitantly, once the public network is fully deployed, it can always be opened for new market entrants as a means to foster service-based competition.

In any event, whether the credible threat functions or not, access regulation is key. If the credible threat works, the regulator must tweak the negative effects of the incumbent's market power on the new technology's retail prices and Quality of Service (QoS). To do so, the regulator must be able to regulate access to the incumbent's network as a means to foster real competition for services.

8 Bibliography

- Adlitt. 2013. « National Fibre Strategies; national economic imperative or just another private industry task? »
- Aghion, Philippe, Stefan Bechtold, Lea Cassar, et Holger Herz. 2014. « The Causal Effects of Competition on Innovation: Experimental Evidence ». NBER Working Paper 19987. National Bureau of Economic Research, Inc. <http://econpapers.repec.org/paper/nbrnberwo/19987.htm>.
- Aghion, Philippe, Nicholas Bloom, Richard Blundell, Rachel Griffith, et Peter Howitt. 2002. « Competition and Innovation: An Inverted U Relationship ». Working Paper 9269. National Bureau of Economic Research. <http://www.nber.org/papers/w9269>.
- Alleman, James, Gary Madden, et Hak-Ju Kim. 2009. « Real Options Methodology Applied to the ICT Sector: A Survey ». SSRN Scholarly Paper ID 1354094. Rochester, NY: Social Science Research Network. <http://papers.ssrn.com/abstract=1354094>.
- Alleman, James, et Paul Rappoport. 2006. « Optimal Pricing with Sunk Cost and Uncertainty ». In *The Economics of Online Markets and ICT Networks*, édité par Professor Russel Cooper, Professor Gary Madden, Professor Ashley Lloyd, et Michael Schipp, 143-55. Contributions to Economics. Physica-Verlag HD. http://link.springer.com/chapter/10.1007/3-7908-1707-4_10.
- ARCEP. 2014. « Modèle générique de tarification de l'accès aux réseaux en fibre optique jusqu'à l'abonné en dehors des zones très denses ».
- Armstrong, Mark. 2006. « Competition in Two-Sided Markets ». *The RAND Journal of Economics* 37 (3): 668-91. doi:10.1111/j.1756-2171.2006.tb00037.x.
- Arnott, Richard, et Kenneth Small. 1994. « The Economics of Traffic Congestion ». *American Scientist* 82 (5): 446-55.
- Arrow, Kenneth. 1962. « Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention ». NBER Chapters. National Bureau of Economic Research, Inc. <https://ideas.repec.org/h/nbr/nberch/2144.html>.
- Arthur D. Little. 2013. « National Fibre Strategies; National economic imperative or just another private industry task? »
- Arvind Parmar, et al. 2015. « Adblock Plus Efficacy Study ».
- Australian Government. 2014. « Independent Cost-Benefit Analysis of the NBN ».
- Babaali, Nadia. 2013. « Sweden: a showcase for rural FTTH ».
- Bakos, J. Yannis. 1997. « Reducing Buyer Search Costs: Implications for Electronic Marketplaces ». *Management Science* 43 (12): 1676-92. doi:10.1287/mnsc.43.12.1676.
- Becker, Gary S., et Kevin M. Murphy. 1993. « A Simple Theory of Advertising as a Good or Bad ». *The Quarterly Journal of Economics* 108 (4): 941-64.
- Beltrán, Fernando. 2013. « Effectiveness and Efficiency in the Build-Up of High-Speed Broadband Platforms in Australia and New Zealand ». SSRN Scholarly Paper ID 2448250. Rochester, NY: Social Science Research Network. <http://papers.ssrn.com/abstract=2448250>.
- Booz&co. 2008. « Deregulation 2.0 how service-based competition can drive growth in the MENA Telecom Industry ».
- Bourreau, Marc, Carlo Cambini, et Pinar Doğan. 2012. « Access pricing, competition, and incentives to migrate from “old” to “new” technology ». *International Journal of Industrial Organization* 30 (6): 713-23. doi:10.1016/j.ijindorg.2012.08.007.
- Bourreau, Marc, Carlo Cambini, et Steffen Hoernig. 2012. « Ex ante regulation and co-investment in the transition to next generation access ». *Telecommunications Policy, Regulation and competition in communications markets*, 36 (5): 399-406. doi:10.1016/j.telpol.2011.11.024.
- Bourreau, Marc, et Pinar Doğan. 2001. « Regulation and innovation in the telecommunications industry ». *Telecommunications Policy* 25 (3): 167-84. doi:10.1016/S0308-5961(00)00087-2.

- Bourreau, Marc, et Pinar Doğan. 2004. « Service-based vs. facility-based competition in local access networks ». *Information Economics and Policy* 16 (2): 287-306. doi:10.1016/j.infoecopol.2003.05.002.
- Bourreau, Marc, Frago Kourandi, et Tommaso Valletti. 2015. « Net Neutrality with Competing Internet Platforms ». *The Journal of Industrial Economics* 63 (1): 30-73. doi:10.1111/joie.12068.
- Briglauer, Wolfgang, Georg Ecker, et Klaus Gugler. 2012. « Regulation and Investment in Next Generation Access Networks: Recent Evidence from the European Member States ». Paper. <http://epub.wu.ac.at/3447/>.
- . 2013. « The impact of infrastructure and service-based competition on the deployment of next generation access networks: Recent evidence from the European member states ». *Information Economics and Policy, ICT and Innovation*, 25 (3): 142-53. doi:10.1016/j.infoecopol.2012.11.003.
- Briglauer, Wolfgang, Stefan Frübing, et Ingo Vogelsang. 2014. « The Impact of Alternative Public Policies on the Deployment of New Communications Infrastructure – A Survey ». SSRN Scholarly Paper ID 2530983. Rochester, NY: Social Science Research Network. <http://papers.ssrn.com/abstract=2530983>.
- Briglauer, Wolfgang, et Klaus Gugler. 2013. « The deployment and penetration of high-speed fiber networks and services: Why are EU member states lagging behind? » *Telecommunications Policy*, Regulating and investment in new communications infrastructure Understanding ICT adoption and market trends: Papers from recent European ITS regional conferences, 37 (10): 819-35. doi:10.1016/j.telpol.2013.05.003.
- Calderon, Cesar, et Luis Servén. 2014. « Infrastructure, Growth, and Inequality : An Overview ». WPS7034. The World Bank. <http://documents.worldbank.org/curated/en/2014/09/20210994/infrastructure-growth-inequality-overview>.
- Cambini, Carlo, et Virginia Silvestri. 2012. « Technology Investment and Alternative Regulatory Regimes with Demand Uncertainty ». *Information Economics and Policy* 24 (3-4): 212-30. doi:10.1016/j.infoecopol.2012.08.003.
- Cave, Martin E., Antoine Fournier, et Natalia Shutova. 2012. « The Price of Copper and the Transition to Fibre ». SSRN Scholarly Paper ID 2200294. Rochester, NY: Social Science Research Network. <http://papers.ssrn.com/abstract=2200294>.
- Cave, Martin, et Ian Martin. 2010. « Motives and means for public investment in nationwide next generation networks ». *Telecommunications Policy* 34 (9): 505-12.
- Cheng, Hsing Kenneth, Subhajyoti Bandyopadhyay, et Hong Guo. 2010. « The Debate on Net Neutrality: A Policy Perspective ». *Information Systems Research* 22 (1): 60-82. doi:10.1287/isre.1090.0257.
- Choi, Jay Pil, Doh-Shin Jeon, et Byung-Cheol Kim. 2015. « Net Neutrality, Business Models, and Internet Interconnection ». *American Economic Journal: Microeconomics* 7 (3): 104-41.
- Commission Européenne. 2010. « Digital Agenda: Commission outlines action plan to boost Europe's prosperity and well-being ».
- Copeland, Thomas E. 2005. « How Much Is Flexibility Worth? »
- Crandall, Robert W., Jeffrey A. Eisenach, et Allan T. Ingraham. 2013. « The Long-Run Effects of Copper-Loop Unbundling and the Implications for Fiber ». *Telecommunications Policy* 37 (4-5): 262-81. doi:10.1016/j.telpol.2012.08.002.
- Curien, Nicolas. 2013. « Net Neutrality is Imperfect and Should Remain So! » EUI-RSCAS Working Paper 22. European University Institute (EUI), Robert Schuman Centre of Advanced Studies (RSCAS). <https://ideas.repec.org/p/erp/euirsc/p0337.html>.
- Curien, Nicolas, et Winston Maxwell. 2011. *La neutralité d'Internet*. La Découverte.
- Dixit, A.K., et R.S. Pindyck. 1995. « The Options Approach to Capital Investment ». *Long Range Planning* 28 (4): 129-129. doi:10.1016/0024-6301(95)94310-U.

- Dixit, Avinash. 1982. « Recent Developments in Oligopoly Theory ». *American Economic Review* 72 (2): 12-17.
- Economides, Nicholas. 2010. « Why Imposing New Tolls on Third-Party Content and Applications Threatens Innovation and will not Improve Broadband Providers' Investment ». SSRN Scholarly Paper ID 1627347. Rochester, NY: Social Science Research Network. <http://papers.ssrn.com/abstract=1627347>.
- Economides, Nicholas, et Benjamin E. Hermalin. 2012a. « The Economics of Network Neutrality ». *The RAND Journal of Economics* 43 (4): 602-29. doi:10.1111/1756-2171.12001.
- . 2012b. « The Economics of Network Neutrality ». *The RAND Journal of Economics* 43 (4): 602-29. doi:10.1111/1756-2171.12001.
- Economides, Nicholas, et Joacim Tåg. 2012a. « Network neutrality on the Internet: A two-sided market analysis ». *Information Economics and Policy* 24 (2): 91-104. doi:10.1016/j.infoecopol.2012.01.001.
- . 2012b. « Network neutrality on the Internet: A two-sided market analysis ». *Information Economics and Policy* 24 (2): 91-104. doi:10.1016/j.infoecopol.2012.01.001.
- Estache, Antonio, et Grégoire Garsous. 2012. « The impact of infrastructure on growth in developing countries ». *IFC Economic notes*.
- European Commission. 2010. « Commission Recommendation on regulated access to Next Generation Access Networks (NGA) ».
- FCC. 2015. « Report and order on remand, declaratory ruling, and order ».
- Federal Communications Commission. 2009. « In the matter of preserving the open Internet; broadband industry practices, Notice of proposed rule-making ».
- Fibre to the Home Council Europe. 2013. « FTTH Business Guide ».
- Firth, Lucy, et David Mellor. 2005. « Broadband: benefits and problems ». *Telecommunications Policy, Regional development and business prospects for ICT and broadband networks*, 29 (2-3): 223-36. doi:10.1016/j.telpol.2004.11.004.
- General Secretariat For Development Planning. 2008. « Qatar National Vision 2030 ».
- Hermalin, Benjamin E., et Michael L. Katz. 2007. « The economics of product-line restrictions with an application to the network neutrality debate ». *Information Economics and Policy*, 215-48.
- ICTQatar. 2013. « National Broadband Plan for the State of Qatar ».
- Idate consulting. 2014. « FTTH MENA Panorama Market at September 2014 ».
- Inderst, Roman, et Martin Peitz. 2012. « Market Asymmetries and Investments in Next Generation Access Networks ». *Review of Network Economics* 11 (1): 1-27.
- Katsianis, D., T. Rokkas, I. Neokosmidis, M. Tselekounis, D. Varoutas, I. Zacharopoulos, et A. Bartzoudi. 2012. « Risks associated with next generation access networks investment scenarios ». *IEEE Network* 26 (4): 11-17. doi:10.1109/MNET.2012.6246747.
- Kenny, Robert. 2015. « Exploring the costs and benefits of FTTH in the UK ».
- Koutroumpis, Pantelis. 2009. « The economic impact of broadband on growth: A simultaneous approach ». *Telecommunications Policy* 33 (9): 471-85. doi:10.1016/j.telpol.2009.07.004.
- Kraemer, Jan, et Lukas Wiewiorra. 2010. « Network Neutrality and Congestion Sensitive Content Providers: Implications for Service Innovation, Broadband Investment and Regulation ». Working Paper 10-09. NET Institute. <https://ideas.repec.org/p/net/wpaper/1009.html>.
- Krämer, Jan, Lukas Wiewiorra, et Christof Weinhardt. 2013. « Net neutrality: A progress report ». *Telecommunications Policy, Papers from the 40th Research Conference on Communication, Information and Internet Policy (TPRC 2012) Special issue on the first papers from the « Mapping the Field » initiative.*, 37 (9): 794-813. doi:10.1016/j.telpol.2012.08.005.
- Kroes, Neelie. 2011. « Investing in digital networks: a bridge to Europe's future ». SPEECH/11/623 Neelie Kroes Vice-President of the European Commission responsible for the Digital Agenda Investing in digital networks: a bridge to Europe's future ETNO Financial Times 2011 CEO SUMMIT.
- Kruger, Lennard G. 2013. « The National Broadband Plan Goals: Where Do We Stand? »

- Lee, Robin S., et Tim Wu. 2009. « Subsidizing Creativity through Network Design: Zero-Pricing and Net Neutrality ». *The Journal of Economic Perspectives* 23 (3): 61-76.
- Lucas, Karen. 2012. « Transport and social exclusion: Where are we now? » *Transport Policy*, URBAN TRANSPORT INITIATIVES, 20 (mars): 105-13. doi:10.1016/j.tranpol.2012.01.013.
- Marc Bourreau, Carlo Cambini. 2013. « My Fibre or Your Fibre? Cooperative Investment, Uncertainty and Access ». doi:10.2139/ssrn.2199831.
- McKinsey&Compagny. 2012. « A “New Deal”: driving investment in Europe’s telecoms infrastructure ».
- Mitomo, Hitoshi, et Toshiya Jitsuzumi. 1999. « Impact of Telecommuting on Mass Transit Congestion: The Tokyo Case ». *Telecommunications Policy* 23 (10-11): 741-51. doi:10.1016/S0308-5961(99)00059-2.
- Mobdia. 2012. « Understanding today’s smartphone user: demystifying data usage trends on cellular & Wi-Fi networks ».
- « Motives and means for public investment in nationwide next generation networks ». 2015. Consulté le juillet 7. <https://www-sciencedirect-com.bibliopam.ens-cachan.fr/science/article/pii/S0308596110000807>.
- Myers, Stewart C. 1977. « Determinants of corporate borrowing ». *Journal of Financial Economics* 5 (2): 147-75. doi:10.1016/0304-405X(77)90015-0.
- Nasse, Philippe. 2005. « Rapport sur “les coûts de sortie” ».
- Nitsche, Rainer, et Lars Wiethaus. 2011a. « Access regulation and investment in next generation networks — A ranking of regulatory regimes ». *International Journal of Industrial Organization* 29 (2): 263-72. doi:10.1016/j.ijindorg.2010.07.002.
- . 2011b. « Access Regulation and Investment in next Generation Networks — A Ranking of Regulatory Regimes ». *International Journal of Industrial Organization* 29 (2): 263-72. doi:10.1016/j.ijindorg.2010.07.002.
- Njoroge, Paul, Asuman E. Ozdaglar, Nicolas E. Stier-Moses, et Gabriel Y. Weintraub. 2012. « Investment in Two Sided Markets and the Net Neutrality Debate ». SSRN Scholarly Paper ID 1641359. Rochester, NY: Social Science Research Network. <http://papers.ssrn.com/abstract=1641359>.
- OECD. 2013. « Broadband Networks and Open Access ».
- . 2014. « Executive summary of the roundtable on financing of the roll-out of broadband networks ».
- Ofcom. 2007. « Future broadband-Policy approach to next generation access ».
- Opta. 2008. « Draft policy rules tariff regulation for unbundled fibre access ».
- Patrick Maillé, et Bruno Tuffin. 2014. « Le problème de la neutralité du Net est-il réglé? »
- Pil Choi, Jay, et Byung-Cheol Kim. 2010a. « Net Neutrality and Investment Incentives ». *The RAND Journal of Economics* 41 (3): 446-71. doi:10.1111/j.1756-2171.2010.00107.x.
- . 2010b. « Net Neutrality and Investment Incentives ». *The RAND Journal of Economics* 41 (3): 446-71. doi:10.1111/j.1756-2171.2010.00107.x.
- Pindyck, Robert S. 2007. « Mandatory Unbundling and Irreversible Investment in Telecom Networks ». *Review of Network Economics* 6 (3): 1-25.
- Raux, Charles, et Odile Andan. 2002. « Comment les péages urbains peuvent-ils satisfaire une politique d’agglomération ? » *Recherche - Transports - Sécurité* 75 (juillet): 115-30. doi:10.1016/S0761-8980(02)00009-2.
- Reggiani, Carlo, et Tommaso Valletti. 2012. « Net neutrality and innovation at the core and at the edge ». The School of Economics Discussion Paper Series. Economics, The University of Manchester. <http://econpapers.repec.org/paper/mansespap/1202.htm>.
- . 2016. « Net neutrality and innovation at the core and at the edge ». *International Journal of Industrial Organization*. Consulté le janvier 25. doi:10.1016/j.ijindorg.2015.12.005.

- Rendon Schneir, Juan, et Yupeng Xiong. 2013. « Economic implications of a co-investment scheme for FTTH/PON architectures ». *Telecommunications Policy*, Regulating and investment in new communications infrastructure Understanding ICT adoption and market trends: Papers from recent European ITS regional conferences, 37 (10): 849-60. doi:10.1016/j.telpol.2013.06.002.
- Robert W. Hahn, Scott Wallsten. 2007. « The Economics of Net Neutrality ». *The Economists* & #39; Voice 3 (6): 8-8. doi:10.2139/ssrn.943757.
- Rochet, Jean-Charles, et Jean Tirole. 2003. « Platform Competition in Two-sided Markets ». *Journal of the European Economic Association* 1 (4): 990-1029.
- Rohman, Ibrahim Kholilul, et Erik Bohlin. 2012. « Does Broadband Speed Really Matter for Driving Economic Growth? Investigating OECD Countries ». SSRN Scholarly Paper ID 2034284. Rochester, NY: Social Science Research Network. <http://papers.ssrn.com/abstract=2034284>.
- Schumpeter, Joseph Alois. 1934. *The Theory of Economic Development: An Inquiry Into Profits, Capital, Credit, Interest, and the Business Cycle*. Transaction Publishers.
- Shutova, Natalia. 2013. « Monopole naturel, marchés bifaces, différenciation tarifaire: trois essais sur la régulation de télécommunications ». Université Panthéon - Assas.
- Shy, Oz. 2002. « A quick-and-easy method for estimating switching costs ». *International Journal of Industrial Organization* 20 (1): 71-87. doi:10.1016/S0167-7187(00)00076-X.
- Sidak, J. Gregory, et David J. Teece. 2010. « Innovation Spillovers and the “dirt Road” Fallacy: The Intellectual Bankruptcy of Banning Optional Transactions for Enhanced Delivery Over the Internet ». *Journal of Competition Law and Economics* 6 (3): 521-94. doi:10.1093/joclec/nhq003.
- Singh, A.K., et V. Potdar. 2009. « Blocking online advertising - A state of the art ». In *IEEE International Conference on Industrial Technology, 2009. ICIT 2009*, 1-10. doi:10.1109/ICIT.2009.4939739.
- Tahon, Mathieu, Sofie Verbrugge, Peter J. Willis, Paul Botham, Didier Colle, Mario Pickavet, et Piet Demeester. 2014. « Real Options in Telecom Infrastructure Projects & #x2014; A Tutorial ». *IEEE Communications Surveys & Tutorials* 16 (2): 1157-73. doi:10.1109/SURV.2013.062613.00126.
- Tahon, M., S. Verbrugge, P.J. Willis, P. Botham, D. Colle, M. Pickavet, et P. Demeester. 2014. « Real Options in Telecom Infrastructure Projects & #x2014; A Tutorial ». *IEEE Communications Surveys Tutorials* 16 (2): 1157-73. doi:10.1109/SURV.2013.062613.00126.
- Tarutė, Asta, et Rimantas Gatautis. 2014. « ICT Impact on SMEs Performance ». *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, The 2-dn International Scientific conference „Contemporary Issues in Business, Management and Education 2013“, 110 (janvier): 1218-25. doi:10.1016/j.sbspro.2013.12.968.
- The Telecommunications Regulatory Authority. 2014. « Bahrain Telecom Pricing International Benchmarking ».
- UE. 2013. « Recommandation de la Commission sur des obligations de non-discrimination et des méthodes de calcul des coûts cohérentes pour promouvoir la concurrence et encourager l’investissement dans le haut débit ». Journal officiel de l’Union Européenne.
- van Schewick, Barbara. 2006. « Towards an Economic Framework for Network Neutrality Regulation ». *Journal on Telecommunications & High Technology Law* 5: 329.
- Wegener, Michael. 2004. « Overview of land-use transport models ».
- WIK. 2010. « Access pricing for copper and fibre: are the sums right ».
- WIK-Consult. 2011. « Wholesale pricing, NGA take-up ad competition ».
- World Health Organization. 2008. « Safer water, better health: costs, benefits and sustainability of interventions to protect and promote health ».

Article publié dans « the conversation » : l'effet des bloqueurs de publicités sur les modèles économiques de l'Internet

L'arrivée des bloqueurs de publicités, ou « *adblockers* » menace-t-elle l'Internet tel que nous le connaissons aujourd'hui ? La question est cruciale car l'utilisation croissante des *adblockers* oblige les fournisseurs de services et contenus financés par la publicité à trouver de nouvelles sources de financement, notamment du côté des consommateurs.

Explosion des données sur Internet et recettes publicitaires

Entre 2004 et 2014, le nombre de sites Internet a été multiplié par 18,7 et le nombre d'utilisateurs seulement par 3,2. On assiste à une explosion du volume annuel de données échangées sur Internet qui devrait dépasser le zettabit (10^{21} bits) fin-2016 et atteindre les 3 zettabits fin-2020.

Aux modes de financement sont associés trois catégories de services et contenus : les sites marchands financés grâce aux revenus d'intermédiation entre acheteurs et vendeurs, les services et contenus *premium* financés par les internautes (abonnements, achats ponctuels de médias, etc.), et les services et contenus gratuits financés par la vente d'espaces publicitaires aux annonceurs.

La publicité en ligne s'est particulièrement développée comme en témoigne la croissance des recettes du secteur (+13,4 % en 2015), attendues à 180 milliards de dollars en 2016. De leur côté, des géants du web réussissent à tirer d'importants revenus des achats des consommateurs. Ainsi, Netflix responsable de 37 % du trafic descendant aux États-Unis, a perçu 1,67 milliard de ses abonnements au quatrième trimestre 2015.

Ce développement du marché des services et contenus (gratuits et payants) a été soutenu par des progrès continus, permettant d'échanger des volumes toujours croissants de données. Parallèlement, l'augmentation du nombre et l'amélioration de la qualité des contenus valorisent le service des fournisseurs d'accès à Internet (FAI).

Le coût croissant des contenus publicitaires sur Internet

La publicité en ligne produit près de 25 % du trafic et monopoliserait environ deux tiers de la bande passante au chargement ([Singh et Potdar \(2009\)](#), [Arvind Parmar et al. \(2015\)](#)).

Elle devient un réel problème lors des pics de consommation. Chaque internaute chargeant un contenu publicitaire affecte les autres internautes dont la vitesse de connexion ralentit avec l'encombrement du réseau : la publicité est alors génératrice d'une externalité négative de congestion. La congestion associée à un contenu s'explique par le contenu *stricto sensu* (coût intrinsèque) et par la publicité associée au contenu (coût extrinsèque) lorsque celui-ci est gratuit.

Afin de maintenir un certain niveau de débit, les FAI sont contraints d'investir pour augmenter la capacité de leur réseau. Parallèlement, la publicité permet l'existence des contenus gratuits. Elle constitue une source essentielle de diversité des contenus et contribue à valoriser l'accès à Internet.

Le paradoxe est que la publicité garantit l'existence d'une partie des services et contenus, mais que son coût total peut excéder les gains associés à la consommation et à la diffusion des contenus des consommateurs et des FAI. L'incursion des adblockers s'insérant dans ce contexte, il convient alors de déterminer le « juste » niveau de publicité sur Internet.

L'arrivée des bloqueurs de publicités

Aujourd'hui, environ un Français sur quatre utilise un adblocker. L'adoption massive des adblockers (Adblock Plus, Ghostery, etc.) est souvent justifiée par le caractère invasif, voire intrusif, [des publicités en ligne](#). Entre le deuxième trimestre 2014 et le deuxième trimestre 2015, le nombre mondial d'utilisateurs d'adblockers a cru de 41 % pour atteindre les [198 millions d'utilisateurs](#) en juin 2015.

Au même titre que les contenus, les adblockers peuvent être financés soit par les fournisseurs de services et contenus (FSC) soit par les internautes. Par exemple, la société allemande Eyeo, à l'origine d'Adblock Plus, se fait rémunérer par les FSC majeurs sur le marché publicitaire (Google, Microsoft, Amazon, etc.) pour les inscrire sur sa *liste blanche* des sites exemptés du [blocage publicitaire](#). Ghostery, quant à lui, se finance par la vente de données aux FSC, alors que Disconnect vend directement des services premium à ses utilisateurs.

Les profits des FSC financés par la publicité sont de fait affectés par l'arrivée des adblockers. En 2014, les pertes de recettes correspondantes s'élevaient à 5,8 milliards de dollars aux États-Unis et devraient atteindre 20,3 milliards de dollars en 2016. D'où la tentation de chaque FSC de payer pour

être sur *liste blanche*.

Les FSC contestent néanmoins la légalité d'un tel système qualifié d'immoral et contraire à l'éthique par Randall Rothenburg, président de l'Interactive Advertising Bureau. Des entreprises comme Axel Springer ou les journaux *Handelsblatt* et *Die Zeit* ont porté plainte, mais sans obtenir gain de cause.

Les FSC doivent adapter leurs modèles économiques. Certains sites, tels que Forbes ou Bild (groupe Springer), ont décidé de restreindre l'accès à leurs contenus si l'internaute utilise un adblocker. Une autre solution consiste à faire contribuer davantage les consommateurs à la production du service ou contenu. Le nouvel abonnement YouTube Red à 9,99\$ par mois, proposant un accès sans publicités à son service de partage des contenus et une nouvelle offre de contenus exclusifs, est une réponse directe aux adblockers.

L'impact des adblockers

Les adblockers peuvent affecter la diversité des contenus sur Internet. Malgré l'émergence de réponses aux adblockers, les modèles économiques des FSC restent sous tension. Certains FSC ne pourront pas supporter le surcoût qu'imposent les adblockers et risquent d'être évincés du marché des contenus.

Toutefois, en limitant la publicité sur Internet, les adblockers contribuent à désencombrer les réseaux de sorte que les FAI pourraient trouver un intérêt au blocage publicitaire.

Ainsi, en 2013, Free bloquait-il par défaut la publicité à destination de ses abonnés. Cette fonctionnalité reste disponible, mais c'est au consommateur de l'activer. De même, l'opérateur a bloqué les pourriels que la firme Buzzee adressait à ses abonnés, arguant que

Les spams encombrant inutilement les réseaux de télécommunications et, par leur volume croissant, rendent plus difficile, ou plus coûteux, le maintien de la continuité et de la qualité de service que lui impose le code des postes et communications électroniques.

Free a été condamné en janvier 2016 par le Tribunal de Commerce Français. D'après le *Financial Times*, en 2015, plusieurs autres opérateurs mobiles auraient également eu l'intention d'activer par défaut un adblocker sur leurs serveurs.

Les adblockers sont considérés par les instances judiciaires comme illégaux et contraires au principe de Neutralité du Net quand ils sont activés par défaut par les FAI. Ces derniers semblent toutefois les plus à même de fixer le niveau optimal de publicité sur Internet, car ils ont intérêt à la réduction des coûts de réseau, mais aussi à la préservation de la valeur de leur accès qui dépend, pour partie, de la diversité des contenus diffusés. D'ailleurs, rien ne semble empêcher les FAI d'intégrer les adblockers

ou de promouvoir les leurs tant qu'ils ne sont pas activés par défaut.

Question écrite n° 18392 de Mme Catherine Morin-Desailly (Seine-Maritime - UDI-UC), publiée dans le JO Sénat du 22/10/2015 - page 2484

Source

:

<http://www.senat.fr/basile/visio.do?id=qSEQ151018392&idtable=q306525&c=18392&rch=gs&de=20150329&au=20160329&rqg=dqrnscpta&dp=1+an&radio=dp&aff=sep&tri=p&off=0&afd=ppr&afd=ppl&afd=pjl&afd=cvn>

Mme Catherine Morin-Desailly attire l'attention de Mme la secrétaire d'État, auprès du ministre de l'économie, de l'industrie et du numérique, chargée du numérique sur la problématique du « ad-blocking » et du développement des plateformes fermées qui tendent à rompre définitivement les équilibres économiques et concurrentiels dans le secteur du numérique et cela, au détriment - une fois de plus - des entreprises et des consommateurs français et européens.

On constate le développement de services dit de « ad-blocking » ou « bloqueurs de publicité » qui séduisent l'internaute en lui proposant de jouir de contenus en ligne sans aucune publicité. Au demeurant, la publicité est, bien souvent, l'unique ressource des sites de contenus.

Avec ces applications, les petits acteurs du numérique voient leurs revenus baisser de façon drastique, jusqu'à 70 % dans de nombreux cas.

En parallèle, certains géants de la toile (web) tentent de capter le marché publicitaire, dont sont tellement dépendantes les petites entreprises françaises et européennes du numérique.

Celles-ci voient, en effet, comme seule échappatoire d'aller vers des plateformes fermées, qui s'opposent à l'internet dit « libre ». Ces applications proposées par Facebook ou Apple nécessitent de payer une commission représentant souvent plus d'un tiers de leurs revenus, somme dont seuls les gros acteurs peuvent s'acquitter.

Dans ces mondes fermés, les acteurs de la toile et les consommateurs sont alors soumis aux règles définies unilatéralement par ces géants du numérique.

Dans un tel schéma, seules les entreprises disposant de fonds suffisants peuvent survivre dans un marché publicitaire numérique déjà très tendu.

En conséquence, sans cet accès direct au marché publicitaire, le terreau français et européen du numérique sera stérilisé dans moins de cinq années.

Elle l'alerte donc sur le risque de ne pas parvenir à développer des acteurs nationaux, notamment

dans la presse en ligne, produisant des contenus de qualité sur le « web », sauf à les financer intégralement par la voie de fonds publics, ce qui n'est pas non plus concevable.

C'est donc un horizon où est menacée la diversité des acteurs de l'Internet, un horizon où seuls les plus gros acteurs européens du numérique ayant le capital nécessaire pourront survivre. Un horizon aussi où la pluralité de l'information s'amenuise car la presse en ligne est la première concernée face à un marché publicitaire en passe de passer sous la coupe de quelques géants américains monopolistiques. Enfin, c'est une menace pour le consommateur, qui verra la diversité, et donc la qualité, de son offre de produits et de service sur la Toile diminuer drastiquement.

Elle déplore que la Commission européenne reste en marge de ces problématiques et appelle à ce que la France s'impose comme moteur en la matière. Elle lui demande quelles actions le Gouvernement entend mener pour sauver les entreprises numériques qui vivent de la publicité et pour préserver un Internet indépendant.

En attente de réponse du Secrétariat d'État, auprès du ministère de l'économie, de l'industrie et du numérique, chargé du numérique

Détails des calculs de l'Essai 4 : bloqueurs de publicités et nouveaux modèles économiques sur Internet

1 Calcul $\pi_{q_{FAI}^*}^{FAI}$ en fonction de $\pi_{q_{AB}^*}^{FAI}$ et $\pi_{q_{AB}^*}^{AB}$

$$\pi_{q_{FAI}^*}^{FAI} = D_A \left(\beta + \psi \left(\Delta_\theta - \frac{q_{FAI}^*}{\eta_a} \right) \right) + q_{FAI}^* \bar{\Delta}_\theta^{-q_{FAI}^*} - cD_A (\bar{\Delta}_\theta - q_{FAI}^* \phi)$$

$$\pi_{q_{FAI}^*}^{FAI} = D_A \left(\beta + \psi \left(\Delta_\theta - \frac{1}{\eta_a} \left(q_{AB}^* + \frac{\Delta_{access}}{2} \right) \right) \right) + q_{FAI}^* \bar{\Delta}_\theta^{-q_{FAI}^*} - cD_A \left(\bar{\Delta}_\theta - \left(q_{AB}^* + \frac{\Delta_{access}}{2} \right) \phi \right)$$

$$\pi_{q_{FAI}^*}^{FAI} = D_A \left(\beta + \psi \left(\Delta_\theta - \frac{q_{AB}^*}{\eta_a} \right) \right) - \frac{\psi D_A \Delta_{access}}{\eta_a} + q_{FAI}^* \bar{\Delta}_\theta^{-q_{FAI}^*} - cD_A (\bar{\Delta}_\theta - q_{AB}^* \phi) + cD_A \phi \frac{\Delta_{access}}{2}$$

$$\pi_{q_{FAI}^*}^{FAI} = \pi_{q_{AB}^*}^{FAI} + D_A \frac{\Delta_{access}}{2} \left(c\phi - \frac{\psi}{\eta_a} \right) + q_{FAI}^* \bar{\Delta}_\theta^{-q_{FAI}^*}$$

$$\pi_{q_{FAI}^*}^{FAI} = \pi_{q_{AB}^*}^{FAI} + \frac{\phi}{2} \Delta_{access}^2 + q_{FAI}^* \bar{\Delta}_\theta^{-q_{FAI}^*}$$

$$\pi_{q_{FAI}^*}^{FAI} = \pi_{q_{AB}^*}^{FAI} + \frac{\phi}{2} \Delta_{access}^2 + \left(q_{AB}^* + \frac{\Delta_{access}}{2} \right) \left(\bar{\Delta}_\theta^{-q_{AB}^*} - \phi \frac{\Delta_{access}}{2} \right)$$

$$\pi_{q_{FAI}^*}^{FAI} = \pi_{q_{AB}^*}^{FAI} + \frac{\phi}{2} \Delta_{access}^2 + \pi_{q_{AB}^*}^{AB} + \frac{\Delta_{access}}{2} \left(\bar{\Delta}_\theta^{-q_{AB}^*} - \phi \frac{\Delta_{access}}{2} \right) - q_{AB}^* \phi \frac{\Delta_{access}}{2}$$

$$\pi_{q_{FAI}^*}^{FAI} = \pi_{q_{AB}^*}^{FAI} + \pi_{q_{AB}^*}^{AB} + \frac{\phi}{2} \Delta_{access}^2 \left(1 - \frac{1}{2} \right) + \frac{\Delta_{access}}{2} \left(\bar{\Delta}_\theta^{-q_{AB}^*} - q_{AB}^* \phi \right)$$

$$\pi_{q_{FAI}^*}^{FAI} = \pi_{q_{AB}^*}^{FAI} + \pi_{q_{AB}^*}^{AB} + \frac{\phi}{4} \Delta_{access}^2 + \frac{\Delta_{access}}{2} \left(\frac{\bar{\Delta}_\theta}{2} - \frac{\bar{\Delta}_\theta}{2\phi} \phi \right)$$

$$\pi_{q_{FAI}^*}^{FAI} = \pi_{q_{AB}^*}^{FAI} + \pi_{q_{AB}^*}^{AB} + \phi \left(\frac{\Delta_{access}}{2} \right)^2$$

2 Équilibre de Nash v^*

$$\max_v \left(\pi_{q_{FAI}^*}^{FAI} - \pi_{q_{AB}^*}^{FAI} + \frac{\pi_{q_{FAI}^*}^{FAI} - \pi_{q_{AB}^*}^{FAI}}{r} - v \right)^\rho \left(v - \pi_{q_{AB}^*}^{AB} - \frac{\pi_{q_{AB}^*}^{AB}}{r} \right)^{(1-\rho)}$$

$$\max_v \rho \ln \left(\pi_{q_{FAI}^*}^{FAI} - \pi_{q_{AB}^*}^{FAI} + \frac{\pi_{q_{FAI}^*}^{FAI} - \pi_{q_{AB}^*}^{FAI}}{r} - v \right) + (1 - \rho) \ln \left(v - \pi_{q_{AB}^*}^{AB} - \frac{\pi_{q_{AB}^*}^{AB}}{r} \right)$$

Les conditions du premier ordre donnent :

$$\begin{aligned} & -\rho \frac{1}{\left(\pi_{q_{FAI}^*}^{FAI} - \pi_{q_{AB}^*}^{FAI} + \frac{\pi_{q_{FAI}^*}^{FAI} - \pi_{q_{AB}^*}^{FAI}}{r} - v \right)} + (1 - \rho) \frac{1}{\left(v - \pi_{q_{AB}^*}^{AB} - \frac{\pi_{q_{AB}^*}^{AB}}{r} \right)} = 0 \\ & -\rho \frac{1}{\left(\pi_{q_{FAI}^*}^{FAI} - \pi_{q_{AB}^*}^{FAI} + \frac{\pi_{q_{FAI}^*}^{FAI} - \pi_{q_{AB}^*}^{FAI}}{r} - v \right)} + (1 - \rho) \frac{1}{\left(v - \pi_{q_{AB}^*}^{AB} - \frac{\pi_{q_{AB}^*}^{AB}}{r} \right)} = 0 \\ & -\rho \left(v - \pi_{q_{AB}^*}^{AB} - \frac{\pi_{q_{AB}^*}^{AB}}{r} \right) + (1 - \rho) \left(\pi_{q_{FAI}^*}^{FAI} - \pi_{q_{AB}^*}^{FAI} + \frac{\pi_{q_{FAI}^*}^{FAI} - \pi_{q_{AB}^*}^{FAI}}{r} - v \right) \\ & \quad \frac{\left(\pi_{q_{FAI}^*}^{FAI} - \pi_{q_{AB}^*}^{FAI} + \frac{\pi_{q_{FAI}^*}^{FAI} - \pi_{q_{AB}^*}^{FAI}}{r} - v \right) \left(v - \pi_{q_{AB}^*}^{AB} - \frac{\pi_{q_{AB}^*}^{AB}}{r} \right)}{=} = 0 \\ & v(-\rho - (1 - \rho)) + \rho \left(\pi_{q_{AB}^*}^{AB} + \frac{\pi_{q_{AB}^*}^{AB}}{r} \right) \\ & \quad + (1 - \rho) \left(\pi_{q_{FAI}^*}^{FAI} - \pi_{q_{AB}^*}^{FAI} + \frac{\pi_{q_{FAI}^*}^{FAI} - \pi_{q_{AB}^*}^{FAI}}{r} \right) = 0 \\ & v^* = \rho \left(\pi_{q_{AB}^*}^{AB} + \frac{\pi_{q_{AB}^*}^{AB}}{r} \right) + (1 - \rho) \left(\pi_{q_{FAI}^*}^{FAI} - \pi_{q_{AB}^*}^{FAI} + \frac{\pi_{q_{FAI}^*}^{FAI} - \pi_{q_{AB}^*}^{FAI}}{r} \right) \end{aligned}$$

3 Optimum social

$$W^{FB} = D_A \left(\beta + \psi \Delta_{\theta}^q \right) + \bar{\Delta}_{\theta}^q \int_t^{\bar{\alpha}} (\alpha - t) d\alpha + \tilde{\Delta}_{\theta}^q \int_{\frac{\alpha}{2}}^{\bar{\alpha}} \alpha d\alpha + \bar{\Delta}_{\theta}^q a D_A - \left(\eta_a \int_{\bar{\theta}_q}^{\bar{\theta}_q} \theta d\theta + \eta_s \int_{\underline{\theta}}^{\bar{\theta}_q} \theta d\theta \right) - c \bar{\Delta}_{\theta}^q D_A$$

$$\begin{aligned} W^{FB} &= (\bar{\alpha} - t) \left(\beta + \psi \Delta_{\theta}^q \right) + \bar{\Delta}_{\theta}^q \frac{(\bar{\alpha} - t)^2}{2} + \tilde{\Delta}_{\theta}^q \frac{3\bar{\alpha}^2}{8} + \bar{\Delta}_{\theta}^q a (\bar{\alpha} - t) - \frac{\eta_a (\bar{\theta}_q^2 - \underline{\theta}_q^2)}{2} - \frac{\eta_s (\bar{\theta}_q^2 - \underline{\theta}^2)}{2} \\ & \quad - c \bar{\Delta}_{\theta}^q (\bar{\alpha} - t) \end{aligned}$$

$$W^{FB} = (\bar{\alpha} - t) \left(\beta + \psi \Delta_{\theta}^q \right) + \bar{\Delta}_{\theta}^q \frac{(\bar{\alpha} - t)^2}{2} + \tilde{\Delta}_{\theta}^q \frac{3\bar{\alpha}^2}{8} + \bar{\Delta}_{\theta}^q a (\bar{\alpha} - t) - \frac{\eta_a \bar{\theta}_q^2}{2} - \frac{\Delta_{\eta} \tilde{\theta}_q^2}{2} + \frac{\eta_s \underline{\theta}^2}{2} - c \bar{\Delta}_{\theta}^q (\bar{\alpha} - t)$$

$$W^{FB} = D_A \left(\beta + \psi \Delta_{\theta}^q \right) + \bar{\Delta}_{\theta}^q D_A \left(\frac{D_A}{2} + a - c \right) + \tilde{\Delta}_{\theta}^q \frac{3\bar{\alpha}^2}{8} - \frac{\eta_a \bar{\theta}_q^2}{2} - \frac{\Delta_{\eta} \tilde{\theta}_q^2}{2} + \frac{\eta_s \underline{\theta}^2}{2}$$

Les conditions de premier ordre donnent :

$$\frac{\partial W}{\partial q} = -\frac{\psi D_A}{\eta_A} - \phi D_A \left(\frac{D_A}{2} + a - c \right) + \frac{3\bar{\alpha}^2}{8\Delta_{\eta}} + \left(\bar{\theta} - \frac{q}{\eta_A} \right) - \left(\tilde{\theta} + \frac{q}{\Delta_{\eta}} \right) = 0$$

$$\frac{\partial W}{\partial q} = -\frac{\psi D_A}{\eta_a} - \phi D_A \left(\frac{D_A}{2} + a - c \right) + \frac{3\bar{\alpha}^2}{8\Delta_{\eta}} + \bar{\Delta}_{\theta} - q\phi = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial W}{\partial q} \frac{1}{\phi} = D_A \left(c - \frac{\psi \Delta_{\eta}}{\eta_s} \right) - a D_A + \left(\frac{3\bar{\alpha}^2 \eta_A}{8 \eta_s} - \frac{(D_A)^2}{2} \right) + \left(\frac{\bar{\Delta}_{\theta}}{\phi} - q \right) = 0$$

4 Calcul de z

Pour rappel :

$$\pi_q^{FAI} = D_A \left(\beta + \psi \left(\Delta_\theta - \frac{q}{\eta_a} \right) \right) + (\bar{\Delta}_\theta - q\phi)(q - c_{D_A})$$

$$\pi_q^{FAI} = D_A (\beta + \psi \Delta_\theta - \bar{\Delta}_\theta c) + q \left(-\frac{\psi D_A}{\eta_a} + \bar{\Delta}_\theta + c_{D_A} \phi \right) - q^2 \phi$$

$$\pi_q^{FAI} = D_A (\beta + \psi \Delta_\theta - \bar{\Delta}_\theta c) + q\phi \left(\Delta_{access} + \frac{\bar{\Delta}_\theta}{\phi} \right) - q^2 \phi$$

Il vient :

$$\frac{z_{FAI}}{\phi} = \left(\frac{\bar{\Delta}_\theta}{\phi} + \Delta_{access} \right) (q_{FAI}^* - q) + (q^2 - q_{FAI}^{*2})$$

$$\frac{z_{FAI}}{\phi} = (2q_{AB}^* + \Delta_{access})(q_{FAI}^* - q) + (q - q_{FAI}^*)(q + q_{FAI}^*)$$

$$\frac{z_{FAI}}{\phi} = 2q_{FAI}^*(q_{FAI}^* - q) + (q - q_{FAI}^*)(q + q_{FAI}^*)$$

$$\frac{z_{FAI}}{\phi} = (q - q_{FAI}^*)^2$$

La variation de profit pour le bloqueur indépendant est égale à :

$$\Delta_{\pi_{q_{AB}^*}}^{z_{AB}} = z_{AB} = q_{AB}^* (\bar{\Delta}_\theta - q_{AB}^* \phi) - q (\bar{\Delta}_\theta - q\phi)$$

$$z_{AB} = \bar{\Delta}_\theta (q_{AB}^* - q) + \phi (q^2 - (q_{AB}^*)^2)$$

$$z_{AB} = \bar{\Delta}_\theta (q_{AB}^* - q) + \phi (q - q_{AB}^*)(q + q_{AB}^*)$$

$$z_{AB} = (q_{AB}^* - q) (\bar{\Delta}_\theta - \phi (q + q_{AB}^*))$$

$$\frac{z_{AB}}{2\phi} = (q_{AB}^* - q) \left(\frac{\bar{\Delta}_\theta}{2\phi} - \frac{1}{2} (q + q_{AB}^*) \right)$$

$$z_{AB} = \phi (q_{AB}^* - q)^2$$

5 Gain de la régulation

$$W_{SB|q=q_{SB}} = W_{|q=q_{SB}} - \lambda z^*$$

$$W_{SB|q=q_{SB}} = D_A \left(\beta + \psi \Delta_\theta^{q_{SB}} \right) + \bar{\Delta}_\theta^{q_{SB}} D_A \left(\frac{D^a}{2} + a - c \right) + \frac{\bar{\Delta}_\theta^{q_{SB}} 3\bar{\alpha}^2}{8} - \frac{\eta_A (\bar{\theta}^{q_{SB}})^2}{2} - \frac{\Delta_\eta}{2} (\bar{\theta}^{q_{SB}})^2 + \frac{\eta_S \theta^2}{2} - \lambda z^*$$

$$W_{SB|q=q_{SB}} = D_A \left(\beta + \psi \left(\Delta_\theta - \frac{q_{SB}}{\eta_A} \right) \right) + (\bar{\Delta}_\theta - q_{SB} \phi) D_A \left(\frac{D_A}{2} + a - c \right) + \frac{\left(\bar{\Delta}_\theta + \frac{q_{SB}}{\Delta_\eta} \right) 3\bar{\alpha}^2}{8} - \frac{\eta_A \left(\bar{\theta} - \frac{q_{SB}}{\eta_a} \right)^2}{2}$$

$$- \frac{\Delta_\eta \left(\bar{\theta} + \frac{q_{SB}}{\Delta_\eta} \right)^2}{2} + \frac{\eta_S \theta^2}{2} - \lambda \phi \left(\frac{q_{FB} - q_{FAI}^*}{1 + 2\lambda} \right)^2$$

$$W_{SB|q=q_{SB}} = D_A (\beta + \psi \Delta_\theta) + \bar{\Delta}_\theta D_A \left(\frac{D_A}{2} + a - c \right) + \frac{\bar{\Delta}_\theta 3\bar{\alpha}^2}{8} - \frac{\eta_A \bar{\theta}^2}{2} - \frac{\Delta_\eta \bar{\theta}^2}{2} + \frac{\eta_S \theta^2}{2} - \lambda \phi \left(\frac{q_{FB} - q_{FAI}^*}{1 + 2\lambda} \right)^2$$

$$+ q_{SB} \left(-\frac{\psi D_A^a}{\eta_a} - D_A \left(\frac{D_A}{2} + a - c \right) \phi + \frac{3\bar{\alpha}^2}{8\Delta_\eta} + \bar{\theta} - \tilde{\theta} \right) + q_{SB}^2 \left(-\frac{1}{2\eta_A} - \frac{1}{2\Delta_\eta} \right)$$

$$W_{SB|q=q_{SB}} = W_{q=0} - \lambda \left(\frac{q_{FB} - q_{FAI}^*}{1 + 2\lambda} \right)^2 \phi + q_{SB} \left(-\frac{\psi D_A}{\eta_a} - D_A \left(\frac{D_A}{2} + a - c \right) \phi + \frac{3\bar{\alpha}^2}{8\Delta_\eta} + \bar{\theta} - \tilde{\theta} \right) + q_{SB}^2 \left(-\frac{1}{2\eta_A} - \frac{1}{2\Delta_\eta} \right)$$

De manière similaire $W_{|q=q_{FAI}^*}$ s'écrit :

$$W_{|q=q_{FAI}^*} = W_{q=0} + q_{FAI}^* \left(-\frac{\psi D_A}{\eta_a} - D_A \left(\frac{D_A}{2} + a - c \right) \phi + \frac{3\bar{\alpha}^2}{8\Delta_\eta} + \bar{\theta} - \tilde{\theta} \right) + q_{FAI}^{*2} \left(-\frac{1}{2\eta_a} - \frac{1}{2\Delta_\eta} \right)$$

Par conséquent :

$$W_{SB|q=q_{SB}} - W_{|q=q_{FAI}^*}$$

$$= \left(\bar{\Delta}_\theta + D_A \left(c - \frac{\psi \Delta_\eta}{\eta_S} \right) \phi - D_A \left(\frac{D_A}{2} + a \right) \phi + \frac{3\bar{\alpha}^2}{8\Delta_\eta} \right) (q_{SB} - q_{FAI}^*) + \left(-\frac{1}{2\eta_a} - \frac{1}{2\Delta_\eta} \right) (q_{SB}^2 - q_{FAI}^{*2})$$

$$- \lambda \left(\frac{q_{FB} - q_{FAI}^*}{1 + 2\lambda} \right)^2 \phi$$

$$W_{SB|q=q_{SB}} - W_{|q=q_{FAI}^*} = \phi q_{FB} (q_{SB}^* - q_{FAI}^*) - \frac{1}{2} \phi (q_{SB}^{*2} - q_{FAI}^{*2}) - \lambda \left(\frac{q_{FB} - q_{FAI}^*}{1 + 2\lambda} \right)^2 \phi$$

Or,

$$q_{SB}^* - q_{FB} = \frac{2\lambda}{1 + 2\lambda} (q_{FAI}^* - q_{FB})$$

$$q_{SB}^* - q_{FAI}^* = \frac{2\lambda}{1 + 2\lambda} (q_{FAI}^* - q_{FB}) - q_{FAI}^* + q_{FB}$$

$$q_{SB}^* - q_{FAI}^* = \frac{q_{FB} - q_{FAI}^*}{1 + 2\lambda}$$

De plus,

$$q_{SB}^{*2} = \left(\frac{q_{FB} - q_{FAI}^*}{1 + 2\lambda} + q_{FAI}^* \right)^2$$

$$q_{SB}^{*2} = \left(\frac{q_{FB} - q_{FAI}^*}{1 + 2\lambda} \right)^2 + (q_{FAI}^*)^2 + 2 \frac{q_{FB} - q_{FAI}^*}{1 + 2\lambda} q_{FAI}^*$$

$$q_{SB}^{*2} - q_{FAI}^{*2} = \left(\frac{q_{FB} - q_{FAI}^*}{1 + 2\lambda} \right)^2 + 2 \frac{q_{FB} - q_{FAI}^*}{1 + 2\lambda} q_{FAI}^*$$

Les expressions $(q_{SB}^{*2} - q_{FAI}^{*2})$ et $q_{SB}^* - q_{FAI}^*$ sont alors remplacées l'équation de $W_{SB|q=q_{SB}^*} -$

$W_{|q=q_{FAI}^*}$:

$$W_{SB|q=q_{SB}^*} - W_{|q=q_{FAI}^*} = \phi \left(q_{FB} \frac{q_{FB} - q_{FAI}^*}{1 + 2\lambda} - \frac{1}{2} \left(\frac{q_{FB} - q_{FAI}^*}{1 + 2\lambda} \right)^2 - \frac{q_{FB} - q_{FAI}^*}{1 + 2\lambda} q_{FAI}^* - \lambda \left(\frac{q_{FB} - q_{FAI}^*}{1 + 2\lambda} \right)^2 \right)$$

$$W_{SB|q=q_{SB}^*} - W_{|q=q_{FAI}^*} = \frac{\phi (q_{FB} - q_{FAI}^*)}{1 + 2\lambda} \left((q_{FB} - q_{FAI}^*) - \frac{(q_{FB} - q_{FAI}^*)}{2(1 + 2\lambda)} - \frac{\lambda (q_{FB} - q_{FAI}^*)}{1 + 2\lambda} \right)$$

$$W_{SB|q=q_{SB}^*} - W_{|q=q_{FAI}^*} = \frac{\phi (q_{FB} - q_{FAI}^*) (q_{FB} - q_{FAI}^*) \left(1 + 2\lambda - \frac{1}{2} - \lambda \right)}{1 + 2\lambda} \frac{1 + 2\lambda}{1 + 2\lambda}$$

$$W_{SB|q=q_{SB}^*} - W_{|q=q_{FAI}^*} = \frac{\phi (q_{FB} - q_{FAI}^*)^2}{2(1 + 2\lambda)} > 0$$

De manière équivalente, la différence $W_{SB|q=q_{SB}^*} - W_{|q=q_{ab}^*}$ s'écrit :

$$W_{SB|q=q_{SB}^*} - W_{|q=q_{ab}^*} = \frac{\phi(q_{FB} - q_{AB}^*)^2}{2(1 + 2\lambda)}$$

De plus, nous avons :

$$q_{FB} = 2q_{AB}^* + \Delta_{access} + \Delta_{CS} + \Delta_{OTT}^{recettes}$$

$$(q_{FB} - q_{AB}^*) = q_{AB}^* + \Delta_{access} + \Delta_{CS} + \Delta_{OTT}^{recettes}$$

Si $q_{FB} - q_{AB}^* = 0$, $q_{AB}^* + \Delta_{SC} + \Delta_{OTT}^{recettes} = 0$ et on doit vérifier que la somme des bénéfices nets est bien égale à zéro ($\Delta_{access} + \Delta_{CS} + (\Delta_{OTT}^{revenues} - \Delta_{OTT}^{costs}) = 0$). On doit alors avoir $q_{AB}^* =$

$$-\Delta_{OTT}^{costs} = \frac{\bar{\Delta}_\theta}{\phi} - q_{AB}^*, \text{ ce qui est vrai car } q_{AB}^* = \frac{\bar{\Delta}_\theta}{2\phi}.$$

On peut aussi réécrire q_{FB} de la manière suivante :

$$q_{FB} = 2q_{FAI}^* - \frac{D_A^2}{2} - \left(aD_A - \frac{\bar{\alpha}^2 \eta_A}{4 \eta_S} \right) + \frac{\bar{\alpha}^2 \eta_A}{8 \eta_S}$$

$$q_{FB} = 2(q_{FAI}^* - q_{AB}^*) + \left(\frac{D_S^2 \eta_A}{2 \eta_S} - \frac{D_A^2}{2} \right) \tag{1}$$

$$q_{FB} = 2(q_{FAI}^* - q_{AB}^*) + \Delta_{CS}$$