

LES ACCORDS D'INTERCONNEXION DANS INTERNET : ENJEUX ECONOMIQUES ET PERSPECTIVES REGLEMENTAIRES

G. DangNguyen et T. Pénard¹

ENST Bretagne, ICI

Résumé : *Le peering qui est un accord d'interconnexion sans compensation financière a longtemps été la règle dans Internet. La remise en cause de cette forme d'accord par les principaux opérateurs de réseaux IP (Internet Protocol) depuis 1997 suscite de nombreuses questions. L'objet de ce papier est d'analyser les ressorts du peering et de débattre de la nécessité d'une intervention réglementaire dans les accords d'interconnexion. Pour cela, nous utilisons les développements théoriques de l'économie industrielle (théorie des jeux, économie des réseaux, ...) pour rendre compte des stratégies des opérateurs et dessiner les contours probables de l'organisation du marché, dans les années à venir. Au final, nous plaidons en faveur d'une intervention publique qui permettrait d'améliorer la transparence du marché et de contrôler la qualité de service des réseaux.*

Section 1 Introduction

Internet est un ensemble de réseaux IP (Internet Protocol) interconnectés qui transportent des données sous forme de paquet à la demande des utilisateurs. Les entreprises qui assurent l'acheminement de ce trafic sont appelées des ISP (Internet Service Provider). Chaque ISP se caractérise à la fois par la nature intrinsèque de son réseau (couverture géographique, débits, profils et nombre de clients, contenu des service) et par ses accords d'interconnexion avec ses homologues. Un ISP ne peut vendre de l'accès à Internet sans conclure un minimum d'accords d'interconnexion, car c'est le seul moyen de garantir à ses clients un lien avec l'ensemble des utilisateurs et des sites mondiaux. Jusqu'en 1997, les accords d'interconnexion se faisaient essentiellement selon le principe du *peering*. Ce dernier

¹ Département d'Economie, ENST Bretagne, BP 832, 29 285 Brest Cedex.
e-mail : godefroy.dangnguyen@enst-bretagne.fr et thierry.penard@enst-bretagne.fr .
Cette étude a bénéficié du soutien financier du CNET dans le cadre d'une CTI.

est un accord d'échange de trafic *sans compensation financière* qui fonctionne sur le mode du « Sender Keeps All ». Chaque ISP prend en charge gratuitement l'ensemble du trafic qui lui est adressé par les autres ISP, et tire ses recettes des abonnements que lui versent ses clients.

La réciprocité de service entre ISP sans aucun aspect financier, tranche avec les pratiques d'interconnexion dans les télécommunications. Les opérateurs de téléphonie comptabilisent en effet, les durées des appels entrants et sortants de leur réseau. Le réseau déficitaire - plus d'appels entrants que sortants de son réseau - reçoit alors une compensation. Cette comptabilité scrupuleuse, ainsi que les tarifs de compensation, sont fortement encadrés, et soumis à la surveillance d'une autorité de réglementation dans les pays où la concurrence entre opérateurs s'exerce pleinement. Pour les réseaux IP interconnectés en revanche, aucune forme de réglementation ou de contrôle n'intervient.

Notre intérêt pour les accords d'interconnexion dans Internet, est motivé par les jugements peu flatteurs que l'on porte parfois sur le « réseau des réseaux ». La congestion endémique qu'il connaît, est due, selon certains, à l'absence de mécanismes de paiement à l'usage. L'accès simultané de nombreux utilisateurs aux réseaux, engendre des effets externes négatifs appelés *effets d'encombrement*. Ils sont d'autant plus importants que les clients transmettent ou reçoivent des informations requérant des débits de transmission élevés². Or la puissance croissante des micro-ordinateurs favorise les usages de plus en plus consommateurs de bande passante. Les économistes répondent que l'on peut tenter de rationner cette demande par un système de prix d'usage, et/ou augmenter les capacités de transmission pour les mettre en conformité avec cette demande (McKie Mason et Varian, [1995]).

Notre sentiment est que l'efficacité d'un rationnement par une tarification du transport est très incertaine. En effet, le service de transport n'est pas dissociable pour le client final, des informations transportées (e-mail, page Web, fichier, ...). La valeur du transport est même subordonnée à la valeur des contenus et des usages. Or, si l'on regarde les types d'applications gourmandes en bande passante, on s'aperçoit qu'elles constituent le support de services demandés principalement par la clientèle résidentielle (jeux vidéos en réseau, programmes TV et films à la demande, catalogues d'images...), cette clientèle étant par essence celle qui est la moins solvable. La clientèle professionnelle, à l'inverse, pourrait réagir à un système de tarification au débit. Mais, paradoxalement, ses exigences en débits de transmission sont moins élevées que celles de la clientèle résidentielle, car elle recherche dans Internet essentiellement une *connectivité universelle*, c'est à dire la possibilité de communiquer et d'échanger des informations avec des partenaires multiples. Cette clientèle serait donc prête à payer pour accéder à un débit raisonnable *garanti*, ainsi qu'à une grande *sécurité de transmission*.

Au total, s'il est vrai que les modes de tarification actuels (absence de paiement à l'usage du transport IP) favorisent les effets d'encombrement, il est probable que la congestion est consubstantielle à l'organisation des réseaux IP interconnectés³. Les ISP aimeraient pouvoir se débarrasser de cette congestion sur le dos de leurs partenaires, *tout en assurant* à la clientèle solvable une garantie de qualité du service de transport au sens défini plus haut. Les conditions d'interconnexion se révèlent alors d'une importance stratégique pour

² Typiquement et par ordre croissant les sons, les images fixes et les images animées.

³ Elle est même consubstantielle au protocole IP, lui même; qui va orienter les paquets de données sur une *route* donnée jusqu'à la saturation.

les ISP et le choix du *peering* comme modalité d'interconnexion n'est pas sans conséquence sur la structure du marché de l'Internet.

Le *peering* qui consiste pour des ISP partenaires à échanger gratuitement leurs trafics est emblématique de la philosophie originelle d'Internet. On comprend les réactions d'inquiétude de nombreux Internautes à l'annonce en mai 97 d'UUNet, propriétaire d'un des plus grands réseaux IP, de ne plus faire de *peering* avec les petits ISP. Si ces derniers veulent être connectés au réseau UUNet, ils devront payer des droits d'accès comme n'importe quel client. Quelles conséquences peut-on attendre de cette remise en cause ? Doit-on s'inquiéter de ce phénomène ? D'un côté, on peut l'interpréter comme une volonté de cartellisation d'Internet par les grands ISP, au prix d'une élimination des petits. D'un autre côté, il est normal que les grands ISP fassent payer un droit de passage à ceux qui ne leur apportent aucune réciprocité de service. Le *peering* aurait pour effet d'encourager les comportements de passager clandestin des petits ISP et pénaliserait les investissements.

Dans cet article, nous souhaitons analyser en détail chacun de ces arguments, en utilisant les développements théoriques d'économie industrielle. Il s'agit de déterminer d'une part si le *peering* est réellement un accord stable, durable et efficace entre ISP et d'autre part si une intervention réglementaire est nécessaire dans les accords d'interconnexion et sous quelle forme. Pour cela, nous partons de ce qui fait la spécificité des services de transport sur Internet, les *externalités de réseau* et montrons comment celles-ci influencent les stratégies des ISP. Précisément, l'existence d'externalités donne aux relations entre ISP la structure d'un *dilemme du prisonnier* dans lequel les décisions à l'équilibre sont sous-optimales. Nous mettons alors en évidence l'importance des modalités d'interconnexion pour parvenir à une solution plus coopérative ou plus efficace.

Cette analyse nous permet de dessiner les contours probables de l'organisation du marché du transport IP, dans les années à venir. Nous suggérons en particulier qu'une organisation plus concentrée, avec des grands ISP spécialisés sur une zone géographique ou des segments de clientèle et différenciés les uns par rapport aux autres, pourrait émerger. Cela ne serait pas sans conséquence sur la nature et les formes d'accords d'interconnexion des réseaux IP, donnant lieu à la persistance éventuelle des accords de *peering* entre grands ISP et à la mise en place de systèmes de reversements financiers dans les autres cas.

L'analyse des accords d'interconnexion suscite au final un certain nombre de questions en matière réglementaire :

Faut-il réglementer l'accès aux réseaux des ISP et aux noeuds d'interconnexion comme dans les télécommunications ?

Faut-il imposer une plus grande transparence en matière d'interconnexion, en demandant aux ISP de rendre publics leurs accords ?

Faut-il mettre en place un organisme chargé de contrôler la qualité de service des réseaux ?

La mise en place d'une réglementation de l'interconnexion dans Internet ne nous semble pas d'une urgence absolue. Une application stricte du droit de la concurrence devrait suffire à limiter les cas présumés de cartel ou d'abus de position dominante sur le marché des ISP. En revanche, des mesures publiques devraient être prises pour améliorer la transparence du marché : il serait par exemple souhaitable que les ISP soient soumis à une notification obligatoire de leurs accords d'interconnexion auprès d'une instance qui pourrait rendre

publique une partie des informations recueillies. Cette instance pourrait aussi jouer un rôle de certification de qualité des réseaux IP, à l'instar des agences de notation dans le secteur bancaire.

Cet article est organisé en 3 sections. Dans la section 2, nous présentons un bref historique de l'interconnexion dans Internet et dégageons les facteurs permettant d'expliquer l'importance du *peering* entre ISP. Dans la section 3, nous proposons une analyse théorique des accords d'interconnexion et des comportements des ISP. La section 4 porte sur les recommandations en matière de réglementation.

Section 2. Le peering dans Internet

Si le *peering* est tellement présent dans les accords d'interconnexion entre ISP, c'est à la fois pour des raisons institutionnelles et historiques (section 2.1) et pour des raisons techniques liées à la difficulté de mesurer les bénéfices retirés par chaque réseau (section 2.2). Sa remise en cause actuelle par les grands ISP s'explique à la fois par un déséquilibre croissant dans les réseaux IP et par une concurrence exacerbée entre les ISP à tous les niveaux (section 2.3).

2.1 Historique des accords d'interconnexion⁴

D'une architecture hiérarchique des réseaux de recherche ...

Dans les années 80, Internet n'est qu'un réseau de recherche et d'enseignement américain, financé sur fonds publics. Il est organisé selon une architecture hiérarchique : chaque réseau local (centres de recherche et campus universitaires) est raccordé à un réseau régional. Une artère nationale, le NSFNet, mise en service en 1986 et dépendant de la National Science Foundation, relie l'ensemble. Les conditions d'interconnexion sont simples : tout réseau remplissant des missions de recherche et d'enseignement, peut prétendre à un raccordement aux autres réseaux⁵. Le *peering* trouve ainsi ses origines dans ces réseaux publics de recherche qui se mettent en place à la fin des années 80, en dehors de toute logique commerciale. Chaque réseau régional accepte d'acheminer gratuitement vers ses utilisateurs, tout le trafic provenant des autres réseaux régionaux. Ce service *gratuit* s'inscrit dans la mission initiale d'Internet qui est de favoriser la diffusion du savoir et les échanges entre chercheurs.

A l'échelle française, le réseau de recherche, Renater, créé en 1991, s'est structuré sur le même modèle hiérarchique. Les universités, grandes écoles et instituts de recherche sont

⁴ Pour un historique de l'interconnexion dans Internet, on peut se reporter par exemple à Chinoy et Salo [1996], Farnon et Huddle [1997] ou Srinagesh [1997].

⁵ Ces conditions étaient définies par l'AUP (Acceptable Use Policy). Elles s'appliquaient aussi aux réseaux de recherche étrangers qui souhaitaient s'interconnecter avec les réseaux américains. La présence de réseaux d'entreprises privées était tolérée si ces dernières travaillaient avec les Universités.

raccordés à des réseaux régionaux (Ouest Recherche pour les établissements d'enseignement et les centres de recherche de Bretagne et des Pays de Loire) qui eux mêmes sont interconnectés à Paris, au GIX (Global Internet Exchange).

... à un maillage de réseaux privés

Au début des années 90, les réseaux privés commencent à s'intéresser à Internet et à son potentiel commercial. Certains de ces réseaux sont déjà raccordés localement avec des centres des recherche et des universités, mais ils n'ont pas le droit d'utiliser le NSFNet, qui au passage bénéficie pourtant du soutien financier et technique des opérateurs privés, IBM et MCI⁶. Face à ce refus, trois réseaux privés, CerfNet, AlterNet et Psi décident de créer, en 1991, un centre d'interconnexion privé en Californie, le CIX (Commercial Internet Exchange). Il est paradoxal de noter que le NSFNet refuse dans un premier temps un accord de *peering* avec le CIX, réclamant un droit forfaitaire d'accès (Srinagesh [1997]). Finalement, le NSFNet accepte de s'interconnecter au sein du CIX avec les autres réseaux privés et se plie à ses conditions statutaires qui imposent à chaque réseau adhérent une obligation de *peering* avec les autres réseaux. La volonté des fondateurs du CIX de supprimer le cloisonnement des réseaux publics et privés, et d'assurer le décollage de l'Internet privé, explique leur engagement en faveur du *peering*.

La montée en puissance des réseaux privés entraîne alors une explosion du trafic Internet si bien qu'en 1993, la NSF prend deux mesures. Elle décide d'une part la création de quatre points publics d'interconnexion, les NAP (Network Access Points), qu'elle attribue à des opérateurs privés⁷, et d'autre part la construction d'une nouvelle épine dorsale ayant un débit plus important. Souhaitant se retirer d'Internet, la NSF confie à MCI cette mission. La « privatisation » d'Internet a lieu en avril 95, avec la mise en service du backbone de MCI qui va raccorder l'ensemble des réseaux de recherche, représentant encore 40 % du trafic Internet. D'autres backbones privés apparaissent à la même époque aux Etats-Unis (UUNet, PSInet, Sprint). Internet perd rapidement sa structure hiérarchique pour donner naissance à un réseau maillé et décentralisé sous l'impulsion de ces réseaux nationaux. Ces derniers vont tirer parti de leur présence commune dans les grandes métropoles américaines, pour passer des accords bilatéraux de *peering*, accords valables non seulement dans les quatre NAP existants, mais aussi dans les réseaux métropolitains d'interconnexion, les MAE (Metropolitan Area Ethernet⁸). Les réseaux régionaux et locaux vont suivre le mouvement et multiplier les accords bilatéraux au sein des NAP et MAE. Cette multitude d'accords va donner naissance à un véritable « *cloud* ». Les Etats-Unis concentrant la majorité des utilisateurs et des sites d'information, tous les ISP étrangers se mettent à louer des liaisons transocéaniques pour accéder à l'un des NAP de la côte Est ou Ouest et s'interconnecter avec les grands réseaux américains. Parallèlement des noeuds d'interconnexion se mettent en place en dehors du territoire américain, souvent gérés et hébergés par des Universités⁹ et commencent à jouer un

⁶ Le NSFNet, à partir de 1992, est même administré par ANS, une joint-venture d'IBM et de MCI.

⁷ Celui de New York est administré par Sprint, celui de San Francisco par Pacific Bell, celui de Chicago par Ameritech, celui de Washington par MFS.

⁸ Les deux principaux sont le MAE West (à San José) et le MAE East (à Washington) administrés par MFS.

⁹ En Europe, on peut mentionner le VIX de l'Université de Vienne ou le GIX de l'Université de Toulouse. Mueller, Huy et Cheng [1996] offrent une présentation intéressante du centre d'interconnexion de l'Université de Hong Kong, le HKIX.

rôle actif dans le routage des trafics, même si une grande partie du trafic entre ISP européens ou asiatiques transitent par les Etats-Unis.

Dans l'ensemble, le *peering* et le partage des coûts s'imposent comme la règle dominante. Un accord d'interconnexion, bilatéral ou multilatéral, donne rarement lieu à une compensation financière entre ISP¹⁰. En revanche, l'accès au point d'interconnexion, qu'il soit public ou privé, est payant : chaque ISP acquitte un droit d'entrée et une redevance mensuelle, afin de couvrir les coûts d'installation et d'administration du centre¹¹. En retour, le centre assure la mise en relation des routeurs des ISP. Si certains centres d'interconnexion imposent à leurs adhérents un *peering* multilatéral (exemple du CIX), la plupart les laissent libres de choisir les partenaires avec lesquels ils souhaitent s'interconnecter, ainsi que les modalités d'interconnexion¹².

2.2 Les aspects techniques de l'interconnexion

L'intérêt de l'interconnexion

Si Internet n'a jamais connu la paralysie générale mainte fois annoncée, c'est grâce à un formidable accroissement des capacités de transmission des réseaux, mais aussi grâce à la multiplication des points d'interconnexion entre réseaux. Lorsque les MAE et les NAP ont commencé à être saturés, les ISP ont réagi en créant de nouvelles passerelles entre leurs réseaux¹³. Ces passerelles ont un double intérêt pour les ISP. Elles permettent d'augmenter la capacité *offnet* de leur réseau et de mieux maîtriser leur trafic. En effet, le trafic entre les abonnés de deux ISP, au lieu de transiter par des réseaux tiers (*le cloud*) et des centres d'interconnexion encombrés, peut emprunter une passerelle directe. Outre les économies réalisées sur les transmissions¹⁴, les ISP bénéficient d'une hausse de leur capacité d'échange. Pour illustrer ce point, considérons deux réseaux : le premier réseau a un débit de 55 Mbs et le second réseau un débit de 32 Mbs. Si ces deux réseaux ne sont pas interconnectés directement, leur trafic transite par un réseau tiers dont le débit est de x Mbs. Le débit théorique entre les réseaux 1 et 2 est le minimum des débits sur chaque réseau emprunté. Sans interconnexion directe, le débit entre les réseaux 1 et 2 est donc le minimum de 32 et de x . Avec une liaison directe, le débit théorique est de 32 Mbs. Si le débit sur le réseau 3 est supérieur à 32 Mbs, l'interconnexion directe laisse inchangée la capacité *offnet* des réseaux 1 et 2. En revanche, si x est inférieur à 32 Mbs, alors un lien direct apporte aux utilisateurs des réseaux 1 et 2 une meilleure qualité de transmission ou une moindre congestion¹⁵ ; le réseau 3 est aussi gagnant puisqu'il n'est plus encombré par le trafic de transit entre les réseaux 1 et 2.

¹⁰ Sauf lorsqu'il s'agit d'un accord de transit consistant pour un ISP, de petite taille généralement, à utiliser le réseau d'un autre ISP pour transporter des données vers des réseaux tiers. En revanche, lorsqu'il s'agit d'échanger directement du trafic, les ISP privilégient bien le *peering*.

¹¹ Pour une description de ces coûts, pour l'essentiel fixe, voir Srinagesh [1997].

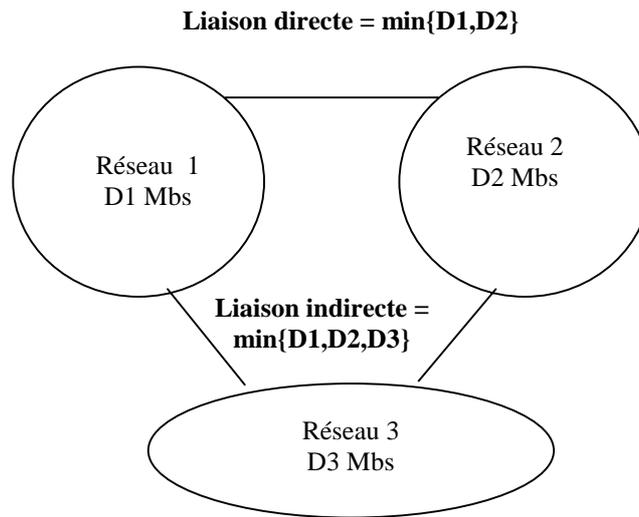
¹² Les administrateurs de ces centres d'interconnexion se contentent généralement de donner au nouvel entrant les numéros de téléphone des responsables de l'interconnexion chez les ISP présents.

¹³ Il faut savoir que l'engorgement d'un point d'interconnexion se traduit par une diminution progressive du débit puis par une destruction de tous les paquets par les routeurs au delà d'un certain seuil de saturation.

¹⁴ Cet aspect a joué un rôle majeur dans les interconnexions bilatérales hors des Etats-Unis. Les ISP européens et asiatiques pouvaient ainsi réduire les coûts de location de lignes en direction des Etats-Unis.

¹⁵ Cette hausse du débit peut cependant être en partie annulée par une hausse du trafic si les utilisateurs augmentent leurs trafics avec la qualité qu'ils peuvent percevoir d'une liaison.

Si les ISP avaient bien intérêt à multiplier les interconnexions bilatérales pour rendre le trafic plus fluide et optimiser leurs transmissions, on peut se demander pourquoi ils ont eu recours dans la plupart des cas au *peering*. Au delà des aspects historiques, la difficulté de mesurer le coût et les bénéfices d'une interconnexion explique largement ce choix.



Graphique 1 : Le débit théorique entre les réseaux 1 et 2 selon le mode d'interconnexion

L'intérêt du peering

Entre réseaux de taille identique, on peut estimer que les coûts supportés par chaque réseau pour transporter le trafic du partenaire se compensent. Un système de comptabilité des trafics entrants et sortants, comme cela existe dans les télécommunications aurait généré des surcoûts inutiles et de surcroît aurait eu pour effet de ralentir le débit de transmission, réduisant l'intérêt de l'interconnexion. Lorsque les réseaux ont des tailles très différentes, on peut penser en revanche que le plus petit réseau retire un bénéfice supérieur au grand réseau. Ce dernier offre en effet au petit réseau l'accès à un plus grand nombre de sites et d'utilisateurs. Supposons que 20 % des sites consultés par les utilisateurs du petit réseau, noté P, sont hébergés sur le grand réseau, noté G, alors que seulement 2% des sites consultés par les utilisateurs de G appartiennent à P. L'amélioration de la qualité de transmission entre les deux réseaux, devrait profiter dix fois plus aux abonnés de P que de G. Cependant, on peut objecter que la valeur d'un réseau ne se résume pas à sa taille (le nombre d'utilisateurs et de sites) : elle dépend fortement de la nature des abonnés et du contenu des sites. Par exemple, un réseau regroupant des utilisateurs à fort pouvoir de marché peut intéresser un grand réseau, disposant de galeries commerciales. Même chose pour un petit réseau donnant accès à des informations exclusives ou à forte valeur (réseaux boursiers). Deux réseaux asymétriques peuvent donc retirer un avantage mutuel d'un accord de *peering*.

De manière générale, même si il existe des éléments objectifs pour évaluer le bénéfice net d'une interconnexion pour chacun des ISP (débit de chaque réseau, couverture géographique, carte de ses accords d'interconnexion, nombre et nature des utilisateurs), la mise en place d'un accord avec compensation financière apparaît complexe et coûteux. Un des éléments les plus difficile à gérer dans ce type d'accord demeure l'évolution imprévisible des pratiques et des applications sur Internet. Cet argument plaide en faveur d'accords souples (Bailey [1997]). Le *peering* présente cette qualité : les ISP s'accordent d'ailleurs à dire que leurs accords de *peering* se passent de manière informelle, en dehors de tout contrat.

2.3 Le peering en question

Si le *peering* a joué un rôle important dans l'essor et le succès d'Internet, il est actuellement contesté par de nombreux ISP. D'une part, les grands ISP n'acceptent plus de s'interconnecter avec des petits ISP gratuitement. D'autre part, entre ISP en concurrence directe dans l'offre d'accès à Internet, le *peering* a tendance à reculer.

Les asymétries croissantes entre ISP

Les principales critiques à l'encontre du *peering* trouvent leur origine dans l'asymétrie croissante entre les réseaux, avec d'un côté une poignée de réseaux transcontinentaux, pour la plupart américains, et de l'autre, de nombreux petits ISP dont le réseau se limite à une liaison louée entre leur routeurs et le point d'interconnexion le plus proche. Ces ISP se contentent d'acheter des accès aux grands réseaux et de les revendre à leurs clients, d'où le nom d'ISP revendeurs (Srinagesh [1997]). Cette activité qui demande peu de capitaux est suffisamment lucrative pour attirer un nombre toujours plus grand de petites entreprises. Les grands ISP dénoncent l'utilisation abusive de leurs réseaux par ces ISP et pointent le *peering* comme responsable de cette situation. Ils refusent de financer des backbones qui servent à acheminer du trafic pour lesquels ils ne touchent aucun revenu. Ils estiment à juste titre que les petits ISP ne respectent pas la règle de réciprocité implicite dans les accords de *peering*. Depuis 1997, UUNet, suivi par les principaux ISP américain, impose donc à tout ISP sollicitant un accord de *peering* de disposer d'une capacité minimum (en débit et en nombre de points de présence sur le territoire américain). De cette manière, il fait le tri entre les ISP qui n'utilisent son réseau que pour du trafic de transit et ceux qui lui donnent accès à un véritable réseau avec des routes, des sites et des utilisateurs.

Cette nouvelle politique d'interconnexion marque un réel changement dans les relations entre ISP. Les grands ISP traitent de plus en plus les petits ISP, non comme des partenaires, mais comme de simples clients auxquels ils font payer un droit d'accès¹⁶. Cette attitude traduit leur volonté de rentabiliser les investissements importants qu'ils ont consentis depuis quelques années pour faire face à la croissance exponentielle du trafic.

¹⁶ UUNet réclame 2 000 \$ par mois pour une connexion à faible débit et 6 000 \$ pour une connexion à débit élevé.

Une concurrence exacerbée entre ISP

Les accords de *peering* ne cèdent pas seulement du terrain dans les relations entre petits et grands ISP, mais aussi dans les relations entre ISP de taille identique qui sont en concurrence directe. Les sources de conflit sont nombreuses et la lutte est souvent acharnée pour conquérir de nouveaux clients : certains ISP démarchent les clients d'autres ISP ou bradent les tarifs d'accès. Cette rivalité peut conduire ces mêmes ISP à refuser toute interconnexion directe. Les échanges de trafic transitent alors par des réseaux tiers, avec une qualité de transmission moindre. En France, c'est le cas entre France Télécom et Cégétel. Ils n'ont aucun accord de *peering*, ni dans les GIX qui sont les centres d'interconnexion publics français, ni au Téléhouse qui est le principal noeud privé à Paris.

La concurrence entre ISP ne se limite pas seulement à l'utilisateur final, mais porte aussi sur les noeuds d'interconnexion. Mueller et alii [1996] décrivent la tentative des trois principaux ISP privés de Hong Kong de quitter le centre d'interconnexion public, administré par l'Université, pour créer leur propre centre. Il n'est donc pas rare de voir dans une même ville deux ISP administrer chacun leur propre noeud d'interconnexion et se refuser l'accès réciproque. Dans le cas de la France, Cégétel et France Télécom ne cachent pas leur intention de mettre en service des points d'interconnexion rivaux à Paris.

En outre, l'administration d'un centre d'interconnexion par un ISP n'est pas sans poser de problème aux petits ISP, comme aux ISP concurrents directs de ce dernier. Les ISP peuvent douter de la neutralité d'un tel lieu. On ne peut être à la fois un administrateur-arbitre des conflits entre ISP et dans le même temps partie prenante dans ces conflits. Cette confusion des rôles se retrouve dans les NAP et MAE gérés par MFS-Worldcom ou par Sprint.

Dans la section suivante, nous apportons des éléments d'explication aux politiques d'interconnexions sélectives des ISP et au recul du *peering*.

Section 3 Accords d'interconnexion et organisation des marchés de l'Internet : une analyse stratégique.

Le fonctionnement actuel de l'Internet, avec tous les problèmes de congestion qu'il connaît, et la remise en cause des accords de *peering* par les principaux ISP, laissent penser que l'organisation actuelle du marché du transport IP n'est ni complètement efficace, ni très stable. On peut donc estimer que le marché des ISP va connaître des transformations importantes dans les années à venir. Dans cette section notre propos est d'utiliser les outils de l'Economie Industrielle pour analyser l'interconnexion dans les réseaux Internet.

Dans un premier temps, nous recherchons les conditions favorables à une coopération entre ISP à l'aide des principes de théorie des jeux répétés. Nous montrons en particulier que le *peering* peut être un moyen efficace de coopérer (section 3.1). Dans un second temps, nous présentons les autres formes d'accords d'interconnexion, existants ou à l'état de projet, et comparons leur efficacité par rapport au *peering* (section 3.2) Dans un troisième temps, nous

partons des travaux théoriques sur les comportements de pouvoir de marché dans les industries de réseaux - comme le transport aérien -, pour rendre compte des stratégies des grands ISP et dessiner les futurs contours du marché de l'Internet (section 3.3).

3-1 Effets externes de réseau et coopération entre ISP

Les effets externes de réseau ont joué, sur la demande, un rôle fondamental dans le développement d'Internet, tant dans sa phase « publique » que dans sa phase « privée ». Ceux sont eux qui expliquent en grande partie, avec la faiblesse des coûts d'accès et d'usage, le succès extraordinaire d'Internet.

Le problème du free-riding

Les effets externes de réseau entre utilisateurs de services de communication, sont bien connus en économie des télécommunications (Rohlf, [1974], Curien et Gensollen, [1987]) et ne soulèvent pas de problèmes économiques particuliers. L'originalité d'Internet réside dans l'interconnexion des réseaux IP, qui crée des *externalités de réseau* entre les offreurs. En effet, la qualité du service de transport IP offert par un ISP est une fonction croissante de la capacité de son réseau propre, mais aussi de la capacité des réseaux avec lequel il est interconnecté. Chaque ISP a donc deux variables stratégiques à sa disposition : le niveau de ses investissements en capacité de transport, qui sont pour l'essentiel des coûts irrécupérables, et le nombre et la nature des accords d'interconnexion qu'il signe avec les autres ISP. Cette situation peut s'analyser comme un dilemme du prisonnier. Les ISP ont clairement un intérêt commun à s'interconnecter et à coopérer pour échanger leur trafic, et les gains attendus de cette coopération seront une fonction croissante des investissements en capacités consentis par l'ensemble des ISP. Dans le cadre d'un accord de *peering*, chaque ISP a alors une incitation à sous-investir dans son réseau et à adopter un comportement de *passager clandestin*, puisqu'il peut utiliser gratuitement les réseaux de ses partenaires pour acheminer une partie de son trafic personnel ou de son trafic de transit. Il. De cette manière, il réalise des économies substantielles sur son propre réseau. Le *peering* serait donc à première vue une forme d'accord instable, exposé à l'opportunisme des ISP.

Cependant, la théorie des jeux répétés nous rappelle que la coopération peut toujours émerger d'un dilemme du prisonnier lorsque les partenaires sont appelés à se rencontrer pendant une durée indéfinie. Luce et Raïffa dès 1957 évoquent cette idée¹⁷, mais c'est J. Friedman qui est le premier à démontrer formellement ce résultat en 1971. La répétition du dilemme du prisonnier¹⁸ donne la possibilité aux joueurs de sanctionner un partenaire opportuniste dans les périodes futures : cette menace peut avoir un effet dissuasif sur les comportements de passager clandestin. Ce cadre théorique s'applique parfaitement aux relations inter-ISP : les accords d'interconnexion ont bien une dimension temporelle et peuvent être remis en cause à tout moment. Les ISP ont toujours la possibilité de sanctionner un comportement opportuniste en mettant fin au *peering* avec l'ISP fautif.

¹⁷ « Dans la plupart des cas, une collusion tacite se développera entre les joueurs de la même manière qu'un marché économique mature connaît souvent un degré de collusion élevé sans communication entre les participants » Luce et Raïffa (p.101, [1957])

¹⁸ Cette répétition doit se faire un nombre indéfini de fois.

La coopération ou la confiance qui s'établit dans le *peering* ne repose sur aucun contrat, mais sur des menaces *tacites* d'exclure tout partenaire ne respectant pas les règles de réciprocité. Chaque ISP adopte en quelque sorte une stratégie du donnant-donnant (Axelrod¹⁹, [1984]) et prend conscience qu'il a plus à perdre à long terme en étant opportuniste qu'en coopérant. Le *peering* peut se révéler un mode de coopération tacite entre ISP très stable.

Les facteurs de coopération

Si les ISP peuvent toujours en théorie soutenir un accord de *peering*, il est important de réunir un certain nombre de conditions favorables. Une littérature importante en théorie des jeux répétés a permis d'identifier les facteurs et les pratiques qui facilitent la coopération dans une situation de dilemme du prisonnier répété²⁰.

Au premier rang, le nombre de partenaires dans l'accord est un facteur décisif. La coopération est plus facile à mettre en place lorsque ce nombre est réduit. En particulier, le partage des coûts et des bénéfices est plus simple à réaliser dans un accord bilatéral que multilatéral. Un second paramètre important est le degré d'asymétrie entre les partenaires. Plus cette asymétrie est grande et plus la coopération est fragile. Généralement c'est le partenaire principal qui est le plus incité à dénoncer la coopération, car il sait que ses petits partenaires ont peu de moyen de le sanctionner sévèrement. Pour qu'une coopération soit possible, il faut donc que tous les partenaires soient sous la menace de représailles crédibles et dissuasives. Enfin, le facteur le plus important est la qualité de l'information. Une coopération est très difficile à mettre en place si les protagonistes n'observent pas parfaitement les caractéristiques ou les actions de leurs partenaires. En effet, comment avoir confiance en ses partenaires si ces derniers peuvent dissimuler une partie de leurs décisions présentes ou passées ? Dans un contexte d'information parfaite, la détection des comportements opportunistes est quasi immédiate et les sanctions peuvent être appliquée très rapidement, ce qui a un effet très dissuasif. A l'inverse, il est tentant d'adopter un comportement de passager clandestin lorsque le risque d'être sanctionné est faible. Green et Porter [1984] ont montré que dans un contexte d'information imparfaite, la coopération était toujours possible, mais se caractérisait par une efficacité et un bénéfice moindre.

Les conditions favorables au peering

Ces enseignements de la théorie des jeux répétés peuvent être appliqués aux accords de *peering*. Tout d'abord, les accords de *peering* bilatéraux devraient être plus coopératifs et plus stables que les accords multilatéraux²¹. Les accords multilatéraux posent en outre le problème du partage des coûts de l'infrastructure commune d'interconnexion entre tous les ISP. Faulhaber [1975] a montré qu'une solution coopérative de répartition des coûts

¹⁹ Axelrod a montré dans son livre intitulé « The Evolution of Cooperation » que les stratégies de donnant-donnant étaient d'une grande efficacité pour faire émerger la coopération dans un dilemme du prisonnier répété.

²⁰ La plupart de ses travaux ont pour objet de déterminer les conditions ou comportements favorables à la collusion entre firmes sur les marchés oligopolistiques. Pour un aperçu de ses travaux, on peut consulter Jacquemin, et Slade [1989].

²¹ Cette thèse est largement étayée par le fait que les centres d'interconnexion qui imposent à leurs adhérents des accords multilatéraux de *peering* ont connu de nombreux conflits et tensions entre ISP : par exemple, le CIX aux Etats-Unis.

n'existe pas toujours, lorsque les joueurs ont la possibilité de former des coalitions²². Ce résultat se vérifie dans les accords multilatéraux de *peering*, où il arrive qu'une coalition d'ISP préfère sortir de l'accord et monter son propre noeud d'interconnexion, plutôt que de se plier à la solution décidée par la majorité. Dans Internet, les conditions techniques de l'interconnexion qui permettent aux coalitions de se faire et de se défaire très rapidement, sont un facteur d'instabilité des accords multilatéraux.

Le second enseignement des jeux répétés, c'est que les accords de *peering* entre réseaux symétriques sont plus propices à la coopération que ceux entre réseaux asymétriques, un résultat qui n'est pas contredit par les faits (voir section 2.3). Enfin, les accords de *peering* qui se déroulent dans la plus grande transparence devraient être plus efficaces. Par transparence, on signifie que les ISP connaissent les caractéristiques des réseaux de leurs partenaires (capacité et qualité actuel du réseau), leurs programmes d'investissement, leurs accords d'interconnexion et leurs trafics précis. Un des principaux obstacles au *peering* est, en effet, la rétention d'information de la part des ISP, et de certains administrateurs de noeuds d'interconnexion. Ceci ne favorise pas la confiance entre ISP et explique le déclin du *peering*. On constate aussi que les modalités d'accords entre ISP sont rarement rendues publiques. Une explication possible est que les ISP ne veulent pas accorder les mêmes conditions à chacun de leurs partenaires. Tant que les accords restent secrets, un ISP peut exclure ses partenaires d'une partie de son réseau, dissimuler certaines routes, afin d'économiser de la bande passante, tout cela sans être détecté et sans s'exposer à des représailles. Ce comportement opportuniste ne peut que fragiliser le climat de confiance sur lequel repose l'efficacité du *peering*. La transparence des accords est donc une condition *sine qua non* à la coopération entre les ISP. Enfin, il est important que les trafics échangés entre les ISP soient une information connue de tous, afin de détecter rapidement les éventuels ISP qui ont un comportement de passager clandestin. De cette manière, on limite les risques qu'un ISP accuse ou sanctionne à tort un autre ISP sur la simple constatation d'un afflux important de trafic venant de cet ISP. Car il est possible que le responsable de ce trafic soit un ISP tiers qui se sert abusivement des réseaux des deux ISP. Une meilleure information sur les trafics inter-ISP devrait donc favoriser la coopération²³. Dans la pratique, les centres d'interconnexion gérés par un administrateur indépendant qui assure la publicité des trafics échangés, devraient être plus coopératifs que les centres qui ne divulguent aucune information ou des informations peu fiables (cas d'un centre administré par un ISP).

Lorsque toutes les conditions favorables au *peering* sont réunies, son efficacité ne fait aucun doute. Mais n'existe-t-il pas d'autres formes d'accord plus efficaces, notamment dans des situations d'asymétrie ou d'information imparfaite ?

3-2 Une évaluation des accords d'interconnexion dans Internet

Les accords d'interconnexion comportent une composante tarifaire et une composante non tarifaire. Du point de vue tarifaire, on peut classer les accords en deux grandes catégories : les accords sans paiement à l'usage et avec paiement à l'usage.

- Le *peering*, qui garantit la gratuité d'acheminement sous réserve de réciprocité appartient à la catégorie des accords sans paiement à l'usage. Ce dernier est bien adapté au

²² Voir aussi Shubik [1984].

²³ L'amélioration constante des performances des routeurs capables désormais d'identifier la nature des trafics entrants et sortants devraient jouer dans le même sens.

fonctionnement d'Internet dans lequel chacun des réseaux interconnectés « fait de son mieux » à un coût marginal proche de zéro, sans pouvoir cependant garantir une qualité de service, c'est à dire un temps d'acheminement. Le *peering* est donc en quelque sorte une tarification au coût marginal qui économise les coûts de transaction et de mesure des trafics. Il faut aussi mentionner dans cette catégorie les accords avec paiement forfaitaire. Ces accords s'appliquent principalement aux petits ISP qui souhaitent accéder aux réseaux des grands ISP. Le forfait tient compte souvent de la capacité demandée.

- Le paiement à l'usage, actuellement peu pratiqué, mais qui a la faveur des théoriciens, dans la mesure où il est censé résoudre les problèmes de congestion des réseaux IP et de passager clandestin entre ISP. Diverses formules de paiement à l'usage ont été proposées.

Les solutions théoriques de paiement à l'usage

Le paiement à l'usage a été popularisé par McKie-Mason et Varian [1995], qui proposent d'instaurer des mécanismes d'enchère au deuxième prix, ce qui permettrait d'éliminer, par un mécanisme de rationnement par les prix, les phénomènes de congestion que connaît Internet. On pourrait imaginer, dans le cadre des accords d'interconnexion, que chaque ISP mette en place une formule d'enchère pour donner accès à son réseau : elle permettrait de révéler les dispositions à payer de chacun des ISP désirant utiliser le réseau considéré, et de les classer ainsi par ordre de priorité. Chaque paquet « étranger » serait ainsi tarifé par l'ISP au prix fixé par la disposition à payer du premier partenaire à se voir refuser l'accès par suite d'encombrement²⁴. L'avantage principal de cette méthode serait d'éviter une fois pour toute le « free riding », puisque chacun révélerait, par le mécanisme d'enchère, sa vraie disposition à payer pour l'usage du réseau d'un autre ISP.

Une autre méthode de paiement à l'usage a été proposée par Gupta, Stahl et Whinston [1997]. Ces auteurs ont montré que les routeurs d'un réseau pourraient contenir un algorithme de calcul des prix à faire payer pour chaque paquet transporté, en tenant compte du degré d'encombrement qu'ils occasionnent, et de la disposition à payer de l'ISP qui l'envoie. Leur modèle de tarification, fondé sur un calcul similaire à celui de l'équilibre général walrassien, nous paraît difficile à mettre en oeuvre compte tenu de l'information qu'elle exige de la part des ISP, même si les auteurs pensent qu'il est parfaitement praticable. Malgré tout, il offre la même garantie que le mécanisme d'enchère pour résorber les effets de free riding. Enfin, une autre méthode de tarification qui se situe à mi chemin entre le paiement forfaitaire et le paiement à l'usage, est celle proposée par D. Clark [1997], et qui est fondée sur la réservation de capacité a priori.

Les formules de paiement à l'usage se heurtent à des difficultés pratiques de mesure des trafics et de gestion des transactions. De plus, elles supposent une connaissance fine des ISP sur leur propension à payer pour tel ou tel type de trafic. Elles s'apparentent, en quelque sorte, aux méthodes de « yield management » en vigueur dans le transport aérien, où l'on essaie d'évaluer à tout instant la recette attendue et donc la disposition à payer des clients sur chacun des sièges que l'on met à disposition des passagers éventuels. Cela ne nous paraît pas réalisable dans le contexte d'Internet, compte tenu de la masse de données que les ISP peuvent véhiculer, du caractère fortement dynamique de la demande (alors que le yield management

²⁴ En l'absence d'encombrement, le prix est nul, puisque tous les paquets sont acceptés.

s'appuie sur l'observation statistique des comportements passés), et sur les possibilités de reroutage permanent que garantit Internet²⁵.

Les clauses non tarifaires :

Du point de vue non tarifaire, les accords d'interconnexion peuvent inclure des clauses d'exclusivité ou des clauses restrictives. Longtemps, ces clauses sont restées verbales. Actuellement, la tendance est à la rédaction de contrats de plus en plus détaillés. Cette formalisation des clauses contractuelles n'est pas nécessairement la panacée. Une relation informelle fondée sur la confiance peut être un mécanisme institutionnel plus efficace (North, [1990]) pour réduire les coûts de transaction et diminuer l'opportunisme, en particulier dans les activités récurrentes, mais soumises à des aléas. Par exemple, dans le bâtiment et les travaux publics, qui sont dépendants de la météorologie et des commandes de l'Etat, les relations qui se tissent de chantiers en chantiers entre maître d'ouvrages et sous-traitants sont de préférence informelles (Brousseau et Rallet [1995]). On peut donc penser que dans Internet, de nombreux accords d'interconnexion conserveront toujours une dimension informelle, par exemple entre un grand réseau backbone, et des petits ISP agissant comme « sous-traitants ».

Dans le cas d'un accord formel, l'existence de clauses d'exclusivité apparaît comme contraire à l'esprit *non discriminatoire* des débuts de l'Internet. L'exclusion consiste pour un ISP à refuser de s'interconnecter avec un autre ou à limiter les points de connexion. Cette politique sélective d'interconnexion peut s'expliquer par un souci de se protéger contre le « free riding » et de garantir une certaine qualité de service dans l'acheminement, puisque l'on peut mieux contrôler les flux d'échange entre les partenaires. Cependant, elle réduit la connectivité de l'ensemble des réseaux et préfigure un risque de « forclusion » c'est à dire un refus de vente, qui pourrait conduire les petits ISP à la faillite⁽²⁶⁾. Cette réflexion appelle une analyse prospective sur l'organisation future du marché IP.

3-3 Concentration des marchés et stratégies de différenciation

Si les modalités d'interconnexion sont largement dépendantes de la structure du marché des ISP, elles contribuent en retour à son évolution. Notre intuition est que le recul actuel du *peering* marque l'entrée des ISP dans une double phase de concentration et de différenciation .

La concentration

Les arguments qui plaident en faveur de la concentration dans le secteur du transport IP sont nombreux. Techniquement d'abord, il existe de fortes économies d'échelle dans le transport et la transmission (Huber [1987], Curien et Gensollen [1992]), qui justifient la

²⁵ Ces éléments peuvent modifier la propension à payer des ISP avant que les enchères ne soient closes, que l'algorithme de fixation des prix « tourne » ou que les capacités soient réservées.

²⁶ Ici il peut ne pas s'agir d'une vente stricto sensu, mais d'une disponibilité à acheminer le trafic d'un autre ISP, moyennant ou pas une compensation tarifaire.

construction de grandes « dorsales » ou backbones. Cela n'empêche pas l'existence de petits ISP qui assurent une plus grande capillarité dans la diffusion d'Internet. Mais il est probable que ces petits transporteurs seront de plus en plus liés, d'une manière presque exclusive, à une dorsale principale, qui se chargera d'acheminer l'essentiel de leur trafic vers les autres réseaux Internet. Par ailleurs, les principaux opérateurs sont incités à investir de façon massive dans les capacités de transmission, afin de multiplier leurs points de présence et de mieux servir l'utilisateur final. Un réseau dense permet à un ISP d'élargir la base de sa clientèle et surtout offrir une qualité de service qu'il peut contrôler en totalité. Il y a là une économie d'association entre les services d'accès (relier le client final à Internet) et le service de transport, qui ne peut que bénéficier aux grands transporteurs.

Un argument avancé par Gong et Srinagesh [1997] dans un autre contexte, nous conforte dans l'idée que la concentration est inéluctable. Il consiste à dire que dans l'activité du transport IP, les coûts fixes sont d'autant plus significatifs que l'on monte dans la pyramide de hiérarchisation des réseaux, en partant de l'accès qui exige peu de coûts fixes (l'achat au plus de quelques modems) pour aller vers le transport intercontinental, en passant par les réseaux régionaux, puis nationaux. Il en résulte qu'un opérateur de réseau, situé au bas de cette hiérarchie est moins engagé financièrement que celui situé au niveau supérieur. Le premier est « *client* » du second en tant qu'utilisateur de ses capacités. Mais ce qu'il achète, c'est un bien très volatile, et il peut changer facilement et rapidement de fournisseur à volonté. Pour éviter cet opportunisme, les opérateurs ont donc intérêt, soit à rédiger des contrats de long terme, soit à s'intégrer verticalement pour limiter cette volatilité.

Notre pronostic est que les mouvements de concentration dans le marché du transport IP (représentés en France par le rachat d'Oléane par France Télécom, aux Etats-Unis par les rachats de MFS, UUNet, MCI et ANS par Worldcom, par la forte croissance externe de Qwest, etc...) devraient se poursuivre, voire s'accroître. On note au passage que cette concentration industrielle est bien mieux engagée aux Etats-Unis qu'en Europe, dans la mesure où le marché y a atteint une maturité beaucoup plus importante.

La différenciation

Le risque de cette concentration, est d'arriver à une organisation monopolistique ou cartellisée du marché. Plusieurs arguments permettent de tempérer un tel scénario. Premièrement, il subsistera toujours à côté de grands fournisseurs de service de transport IP, des petits ISP spécialisés, exploitant une niche géographique ou un segment de clientèle. La croissance du marché est telle qu'on voit surgir sans cesse de nouveaux besoins et de nouveaux utilisateurs que les grands ISP ne sont pas toujours en mesure de satisfaire rapidement. Les petits ISP peuvent donc jouer sur leur capacité d'adaptation et d'innovation.

Par ailleurs, sauf comportement collusif explicite, une certaine concurrence subsistera toujours entre les grands offreurs intégrés de service et de transport IP. En effet, le transport IP étant une activité à faible valeur ajoutée, il est important de détenir une part de marché significative pour espérer se maintenir dans cette industrie. Cette concurrence est par nature très ruineuse comme dans toutes les industries où les coûts irrécupérables sont importants et les coûts d'usage sont quasi nuls²⁷. L'issue pour les grands opérateurs est donc de se

²⁷ Scherer [1990] analyse ce problème dans les industries lourdes (acier, aluminium,...).

différencier les uns des autres, afin de limiter les effets de la concurrence. Kavassalis et Lehr (1998) soulignent d'ailleurs que le transport IP offre aux acteurs de larges possibilités de différenciation, tant verticale qu'horizontale. Leur argument est le suivant : compte tenu de la congestion endémique d'Internet ⁽²⁸⁾, l'offre d'une qualité de service garantie va devenir un facteur important d'avantage compétitif, que les ISP vont chercher à s'accaparer. En outre, le foisonnement d'innovations qu'Internet autorise, permet aux ISP de se trouver des niches nouvelles, ou d'exploiter des bases de clientèles jusque là peu prospectées, ou de développer des applications spécialisées qui finissent par fragmenter les marchés.

Dans le domaine du transport IP, on note par exemple l'apparition de « brokers de bande passante », qui proposent aux ISP de trouver les meilleurs acheminements contre une rémunération forfaitaire. Cela va encourager les possesseurs de grandes infrastructures à mieux s'intégrer verticalement, pour limiter les effets de cette concurrence en aval. On peut donc s'attendre à ce que les grands opérateurs cherchent à saisir toutes les sources d'avantage concurrentiel au niveau du transport IP, pour tirer parti au maximum des économies d'échelle dans la transmission. Au total, tout plaide en faveur d'une différenciation verticale au bénéfice des grands ISP.

On peut aussi penser à une différenciation géographique des opérateurs IP à l'image de ce qui s'est passé dans le transport aérien²⁹. La libéralisation du transport aérien dans les années 80 a conduit les grandes compagnies à réorganiser leurs réseaux selon un système de « hubs and spokes ». Le *hub* d'une compagnie est un aéroport qui sert de point de départ et d'arrivée pour l'ensemble de ses vols. Ce système permet de réaliser des économies d'échelle substantielles grâce à un meilleur remplissage des avions, car tous les voyageurs au départ d'une ville et quelle que soit leur destination sont acheminés sur le *hub* où les attend une correspondance vers leur destination finale. Le second intérêt des *hub* est de relâcher la concurrence entre les compagnies, par un simple effet de localisation. Par exemple, le hub d'American Airlines étant à Dallas et celui de Delta à Atlanta, ces deux compagnies ne sont pas directement en concurrence. Il est à noter que cette différenciation géographique s'accompagne d'accords de partenariat entre compagnies « éloignées ». Par exemple, American a un accord avec British Airways et Delta se dirige vers un partenariat avec Air France. Enfin, les petites compagnies ne sont pas complètement exclues de ce système, car elles peuvent s'affilier à un grand transporteur et assurer le « rabattage » de voyageurs vers le *hub* de celui-ci.

Le système des « hubs and spokes » ne sera sans doute pas répliqué à l'identique dans le transport IP, car il conduit à réduire le maillage des réseaux par souci d'économie, alors que sur Internet, les coûts de mise en place d'un nouveau noeud et de nouvelles artères sont relativement faibles par rapport au coût total d'un réseau. Néanmoins, l'image de grands opérateurs différenciés horizontalement et fédérant autour d'eux une pléiade de petits opérateurs affiliés, semble s'appliquer aussi bien au transport aérien qu'aux transporteurs IP. Une telle organisation de marché devrait faciliter les partenariats et accords d'interconnexion entre les grands ISP, comme on a pu le constater pour les compagnies aériennes. Dans ces conditions on peut s'interroger sur le futur des accords de *peering* et sur la nécessité pour le régulateur d'intervenir dans la fixation et les modalités des accords d'interconnexion.

²⁸ Dont on a par ailleurs démontré le caractère inéluctable dans l'introduction de ce papier.

²⁹ Sur l'organisation du transport aérien, on peut consulter Morrison et Whinston [1986].

Section 4. Quelle réglementation pour l'interconnexion ?

Internet a hérité des années 80, une certaine propension à l'auto-organisation, visible dans le fonctionnement de l'Internet Society, et de son bras séculier pour l'évolution des standards l'IETF (Internet Engineering Task Force). Mais ce qui fonctionnait bien dans le cadre d'une interconnexion de réseaux de recherche publics, n'est pas forcément viable compte tenu de l'évolution actuelle d'Internet. Plusieurs éléments viennent en effet modifier les règles du jeu.

Tout d'abord, on constate que les services d'Internet, en particulier la téléphonie sur IP, se rapprochent de plus en plus de ceux des opérateurs de télécommunications qui eux, sont soumis à une forte réglementation. Une harmonisation des cadres réglementaires apparaît donc nécessaire au nom du principe sacro-saint de la concurrence équitable. D'ailleurs, les différences de régime juridique entre les deux « univers » ont déjà des conséquences sérieuses aux Etats-Unis, où les Bell Operating Companies se plaignent de ce que les ISP ne leur paient pas, à l'instar des opérateurs de télécommunications longue distance, une charge d'accès leur permettant d'éponger le déficit qu'elle subissent sur l'accès garanti à tous les clients. Cette absence de paiement encourage, selon les BOC, la surconsommation de services Internet et occasionne l'engorgement des lignes d'accès. En Europe au contraire, les ISP ne bénéficient pas des prix du catalogue d'interconnexion que le réglementeur a mis en place pour les opérateurs d'infrastructures alternatives autorisés. L'absence de réglementation des services Internet suscite donc déjà des distorsions de nature économique, sur lesquelles le réglementeur devrait se pencher. En outre, si notre diagnostic des évolutions des structures de marché de l'offre de services IP est correct, la concentration et la différenciation vont rendre fortement divergents les intérêts des différents acteurs. Une instance d'arbitrage va devenir nécessaire, qui devrait fixer au moins le cadre général de fonctionnement de ce marché, compte tenu des éléments de coopération qui le caractérisent.

Aussi, peut-on se demander si l'absence de réglementation publique concernant les accords d'interconnexion dans Internet, reste la meilleure solution. Doit-on laisser aux organismes d'auto-régulation (ISOC, IAB, Internet Architecture Board, IETF) le soin de définir pour les accords d'interconnexion, un code de bonne conduite qui favoriserait la coopération entre les ISP, tout en préservant la concurrence sur l'accès à Internet, et de piloter, le cas échéant, l'évolution des accords de *peering* vers d'autres modalités tarifaires ou non tarifaires. Doyle [1997] soutient que les modes d'autorégulation ont toute chance de s'imposer et d'être efficaces dans des secteurs d'activités caractérisés par une concurrence vive, des services ou des biens simples, une demande peu volatile, une information largement répandue et une innovation rapide. Il souligne cependant que l'auto-régulation peut conduire à des abus, en limitant la concurrence en prix ou en érigeant des barrières à l'entrée. De plus, le risque existe que les organismes se multiplient dans une même industrie et définissent chacun leurs propres règles dans la plus grande confusion. L'auteur conclut donc qu'une intervention à deux niveaux (collectif et volontaire, public et contraignant) permet d'éviter les excès de la concurrence dans le cas des marchés où le consommateur n'est pas parfaitement informé.

Internet présente certaines caractéristiques identifiées par Doyle pour justifier une intervention à deux niveaux: volatilité des demandes et des offres, manque d'information des agents. Une intervention réglementaire apparaît donc inévitable dans Internet. Toutefois, la diversité des acteurs et des modalités d'accords (bilatéraux/multilatéraux, avec ou sans exclusivité, avec ou sans transfert financier, transparents ou secrets, etc...), le rythme élevé d'innovations dans ce secteur qu'il s'agit de préserver, appellent à faire preuve de prudence et de pragmatisme. Nous proposons deux grands axes d'intervention : la surveillance des accords multilatéraux et bilatéraux et la certification de la qualité de service des réseaux.

En ce qui concerne les accords multilatéraux, les pouvoirs publics devraient veiller au maintien de noeuds d'interconnexion neutres et indépendants, gérés par des administrateurs non ISP et qui garantissent une réelle égalité de traitement de tous les ISP. Par exemple, ils pourraient augmenter leur soutien financier aux associations et universités qui hébergent ces noeuds. Dans les noeuds contrôlés par les ISP, une application stricte du droit de la concurrence nous semble suffisant pour empêcher tout abus de position dominante, et préférable à la mise en place d'une réglementation spécifique.

Pour les accords bilatéraux, il paraît important d'instaurer une obligation de déclaration auprès d'une instance réglementaire, afin de garantir la transparence du marché. La question se pose alors de savoir si une publicité est nécessaire et si oui sur quels éléments de l'accord. En effet, les intérêts commerciaux des ISP peuvent être contradictoires avec la circulations d'information relatives aux modalités d'interconnexion. On peut estimer que s'il s'agit d'un accord d'accès d'un petit ISP au réseau d'un grand ISP, la publicité est nécessaire, afin de sauvegarder l'égalité de traitement, surtout si l'accord prévoit un volet tarifaire (faire jouer la clause du client le plus favorisé). Par contre, pour les accords bilatéraux équilibrés, entre partenaires de taille équivalente, la publicité n'est pas nécessaire. Il appartiendra à l'instance d'enregistrement toutefois, de vérifier que l'accord ne donne pas lieu à des comportements collusifs, ce qui sera d'autant plus aisé qu'elle aura en sa possession toutes les déclarations.

Quel que soit le type d'accord (bilatéraux/multilatéraux), nous plaidons aussi pour l'existence d'une instance chargée de contrôler et de certifier la qualité des réseaux IP. La certification garantirait la fiabilité des informations délivrées par un ISP à ses partenaires, lors d'un accord d'interconnexion, et favoriserait ainsi la coopération. L'organisme en charge du contrôle des ISP devrait non seulement recueillir l'ensemble des données relatives à la couverture du réseau, aux infrastructures, au nombre d'utilisateurs et à leurs profils..., mais il devrait aussi tester la qualité du réseau (disponibilité du réseau, taux d'erreur, taux de perte des informations, délai de transit, débit moyen garanti sur les différentes routes). Ces informations certifiées permettraient aux ISP de passer des accord en toute confiance, sans s'exposer à de mauvaises surprises.

En conclusion, même dans l'hypothèse où les accords de *peering* seraient peu à peu remplacés par des modalités de paiement à l'usage, ce qui semble assez peu probable, et où les clauses restrictives se multiplieraient, notre sentiment est qu'une intervention réglementaire *a priori*, sur les conditions d'interconnexion, ne s'impose pas. Internet et le transport IP sont des activités trop innovantes pour que ce type d'intervention y soit efficace. De plus, les possibilités de maillage sont telles que les accords restrictifs peuvent être facilement contournés par ceux qui peuvent en subir les effets. Mais il est sûr que, compte tenu des évolutions actuelles (concentration et remise en cause du *peering*) la transparence doit être

encouragée, voire organisée, ce qui justifie que les instances réglementaires s'y intéressent. Elles découvriront alors un monde complexe et fascinant où il faut préserver à la fois concurrence et coopération, et ce avec le moins de coercition possible.

BIBLIOGRAPHIE

Axelrod, R. (1984) *The Evolution of Cooperation*, New York, Basic Books.

Bailey, J.P. (1997) "The Economics of Internet Interconnection Agreements", in L. McKnight, J.P. Bailey (Eds.) *Internet Economics*, Cambridge, MIT Press, 155-168.

Brousseau, E., A. Rallet (1995) « Efficacité et inefficacité de l'organisation du bâtiment : une interprétation en termes de trajectoire organisationnelle », *Revue d'Economie Industrielle* 74,

Chinoy, B., T. Salao (1996) « Internet Exchanges : Policy Driven Evolution », Working Paper. [Http ://ksgwww.harvard.edu/iip/cai/chinsla.htm](http://ksgwww.harvard.edu/iip/cai/chinsla.htm).

Clark, D. (1997) « Internet Cost Allocation and Pricing », in L. McKnight, J.P. Bailey (Eds.) *Internet Economics*, Cambridge, MIT Press, 215-252.

Curien, N, M. Gensollen, (1992) *Economie des télécommunications : ouverture et réglementation*, ENSPTT, Economica.

Curien, N., M. Gensollen, (1987) « Les théories de la demande de raccordement téléphonique », *Revue Economique* 38, 203-255.

Doyle, C. (1997) « Self-regulation and Statutory Regulation », *Business Strategy Review* 8, 35-42.

Farnon, M., S. Huddle (1997) "Settlement Systems for the Internet", in B. Kahin, J.H. Keller (Eds) *Settlement Systems for the Internet*, Cambridge, MIT Press, 377-403.

Faulhaber, G. (1975) « Cross-subsidization : Pricing and Public Enterprises », *American Economic Review* 65, 966-977.

Friedman, J.W. (1971) « A Non-Cooperative Equilibrium for Supergames, » *Review of Economic Studies* 28, 1-12.

Gong, J., P. Srinageh (1997) « The Economics of Layered Networks », in L. McKnight, J.P. Bailey (Eds.) *Internet Economics*, Cambridge, MIT Press, 63-76.

Green, E. & R.H. Porter (1984) « Noncooperative Collusion under Imperfect Price Information, » *Econometrica* 52, 87-100.

Gupta, A., D. Stahl, A. Whinston, (1997) « Priority Pricing of Integrated Service Networks » in L. McKnight, J.P. Bailey (Eds.) *Internet Economics*, Cambridge, MIT Press, 323-352.

Huber, P. (1987) *The geodesic Network : Report on Telecommunication Industry*, U.S. Department of Justice.

Jacquemin, A., M.E. Slade (1989) « Cartels, Collusion, and Horizontal Merger », in *Handbook of Industrial Organization*, Schmalensee, R. et R. Willig (Eds.), Amsterdam, North-Holland.

Kavassalis P. et Lehr W. (1998) « Forces for Integration and Disintegration on the Internet », *Communications et Stratégies*, 135-154.

Luce, R., et H. Raiffa (1957) *Games and Decision*, New-York, Wiley.

MacKie-Mason, J., H. Varian (1995) « Pricing the Internet », in B. Kahin, J. Keller (Eds.) *Public access to the Internet*, New-York, Prentice Hall.

Morrison, S., C. Whinston (1986) « The Economic Effects of Airline Deregulation », *The Brookings Institution*, Washington D.C.

Mueller, M. J. Huy, C. Cheng (1996) « The Hong-Kong Internet Exchange : A Case Study in the Economics, Evolution and Connectivity of Asian Internet Infrastructure » Working Paper, [Http ://ksgwww.harvard.edu/iip/cai/mueller.htm](http://ksgwww.harvard.edu/iip/cai/mueller.htm).

North, D.C. (1990) *Institutions, Institutional Changes and Economic Performance*, Cambridge University Press.

Rohlf's (1974) « A Theory of Interdependent Demand for a Communication Service », *Bell Journal of Economics and Management Science* 5, 16-37.

Scherer, F.M. et D.Ross (1990) *Industrial Market Structure and Economic Performance*, Third Edition, Boston, Houghton Mifflin Company.

Shubik, M. (1984) *Game Theory in the Social Sciences - Concepts and Solutions*, Cambridge, , MIT Press

Srinagesh, P. (1997) "Internet Cost Structures and Interconnection Agreements", in L. McKnight, J.P. Bailey (Eds.) *Internet Economics*, Cambridge, MIT Press, 121-154.