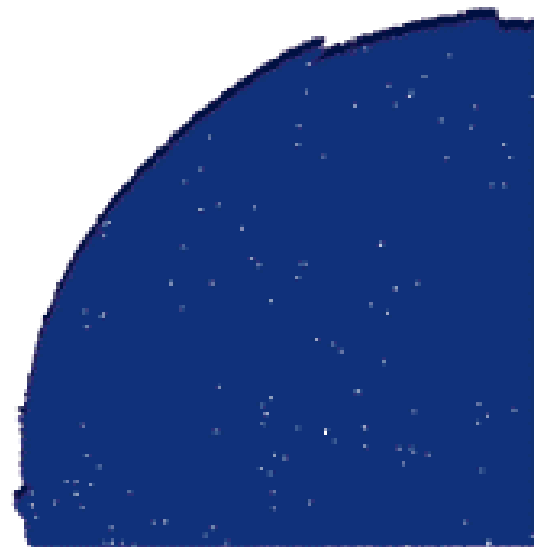


Etude sur la migration IPv6 (Synthèse)

*Etude réalisée par l'IDATE
et le cabinet Pardieu-Broccas Maffei & Leygonie
pour l'Autorité de régulation des
télécommunications*



Sommaire

Introduction	p.3
1. IPv6 : un protocole adapté à la diffusion massive d'Internet	p.4
<i>1.1 IPv4 : certaines limites perceptibles - IPv6 : des atouts pour un relais de croissance</i>	p.4
<i>1.2 La normalisation IPv6 est stable</i>	p.5
2. Certains acteurs déjà en ordre de marche	p.6
3. Les facteurs déclencheurs du passage à IPv6	p.9
<i>3.1 Au-delà de la pénurie d'adresses IPv4, d'autres facteurs déclencheurs de 1^{er} rang : services mobiles (GPRS et 3G) et nomades (WLAN)</i>	p.9
<i>3.2 La dynamique de l'accès haut débit, de l'électronique connectée et des réseaux de capteurs : facteurs déclencheurs de 2^{ème} rang</i>	p.10
4. IPv4 – IPv6 : une cohabitation longue et incontournable	p.11
<i>4.1 Un risque limité de morcellement de l'Internet</i>	p.11
<i>4.2 Une opportunité pour remettre à plat la répartition des DNS racines</i>	p.11
5. Les enjeux pour la régulation	p.13
6. Conclusion	p.15

Introduction

IPv4, élaboré il y a une vingtaine d'années, est la version du protocole IP utilisée actuellement sur Internet. Sa principale faiblesse réside dans son espace d'adressage puisque dans IPv4, une adresse est définie sur 32 bits seulement. Le succès rapide d'Internet et l'accélération de la consommation d'adresses IP, fait craindre une pénurie d'adresses IP dans les années à venir. Pour l'instant, IPv4 a réussi à repousser les limites de son système d'adressage grâce à des procédés tels que la translation d'adresses (NAT) ou le schéma de routage CIDR qui permet d'agréger des adresses IP.

IPv6, élaboré par l'IETF au milieu des années 90, est la prochaine version du protocole IP. En premier lieu IPv6 améliore les capacités d'adressage d'IPv4 en allouant 128 bits au lieu de 32 aux adresses IP, ce qui ouvre un réservoir quasi infini d'adresses IP.

Ces derniers mois plusieurs événements se sont enchaînés qui peuvent laisser croire à une migration prochaine vers IPv6 : prises de position d'autorités gouvernementales notamment en Asie, de la Commission Européenne ou de certains industriels.

Dans ce contexte, l'**Autorité de Régulation des Télécommunications** a souhaité réaliser une étude permettant de cerner les problématiques de la migration d'IPv4 vers IPv6 en identifiant notamment les stratégies des différents acteurs couvrant l'ensemble de la chaîne de valeur des services et des équipements de réseaux Internet : équipementiers, opérateurs, ISP, entreprises utilisatrices de technologies IP, fabricants de logiciels,... L'étude s'est attachée en particulier à examiner les problématiques de cette migration sous l'angle réglementaire et concurrentiel et les impacts de celles-ci sur les marchés des réseaux et services de télécommunications utilisant le protocole IP.

1 IPv6 : un protocole adapté à la diffusion massive d'Internet

1.1 IPv4 : certaines limites perceptibles - IPv6 : des atouts pour un relais de croissance

- **IPv4 : un espace d'adressage restreint avec une répartition géographique inégale**

Le protocole IPv4, finalisé en 1983 s'adressait alors à une communauté restreinte. Ainsi, l'adressage d'IPv4 est-il prévu sur 32 bits, ce qui permet de disposer d'un "stock" de 4,3 milliards d'adresses IP environ. A cette époque et avec la vision qu'avaient alors les responsables, à savoir un réseau destiné aux militaires et scientifiques (donc assez éloignée de ce qu'allait devenir l'Internet que nous connaissons aujourd'hui), le stock paraissait plus que suffisant.

Aujourd'hui, ce stock d'adresses IPv4 est très entamé et si près de 47% des adresses ne sont pas attribuées (parmi le stock total d'adresses), la répartition géographique en est très inégale. Les adresses allouées (destinées à être utilisées par un registre régional ou par des organisations pre-RIR) représentent la majorité du stock et sont destinées essentiellement à la zone américaine aux dépens de l'Asie qui présente pourtant un important potentiel de développement (Chine, Inde). Il est également à noter, que parmi le total des adresses IPv4 disponibles, 53% ont été attribuées directement à des organisations (américaines pour la plupart), avant l'apparition des RIR qui ne les contrôlent donc pas.

Ainsi, en tenant compte de ces organisations pre-RIR, on peut estimer, fin 2001, que 74% des adresses allouées le sont pour l'Amérique du Nord, 17% pour l'Europe et 9% pour l'Asie.

- **IPv4 est face à une explosion des besoins**

Outre la croissance organique encore forte d'Internet dans le monde entier (et particulièrement en Asie où le potentiel de croissance est très élevé et les ressources en adresses très faibles), bon nombre d'applications nouvelles, consommatrices d'adresses IP devraient se développer :

- l'arrivée des services mobiles autour du GPRS d'abord puis de l'UMTS,
- les accès haut débit et le mode "always on",
- l'électronique connectée et les véhicules communicants,
- les applications domotiques et réseaux de capteurs.

- **IPv4 : un protocole non pensé pour un usage commercial d'Internet**

Prévu à l'origine pour des usages non commerciaux, IPv4 n'a pas été conçu pour assurer les fonctions de QoS attendues aujourd'hui, ni pour assurer les fonctions d'autoconfiguration ou Multicast, ou encore la sécurité, essentielles dans l'Internet commercial moderne. Des solutions ont été trouvées pour assurer ces fonctions, alourdissant le protocole de couches supplémentaires, ou pour doper artificiellement la durée de vie du stock d'adresses (NAT), faisant notamment exploser la complexité des tables de routage.

- **Nous sommes dès à présent dans une période de gestion de la pénurie d'adresses IP**

Cette gestion de la pénurie d'adresses se traduit par des politiques drastiques d'attribution d'adresses IPv4 pratiquées par les RIR. De plus, l'emploi généralisé des NAT permet de retarder la pénurie, mais cela alourdit la gestion des réseaux et constitue un frein au développement d'applications temps réel et P2P. Ainsi, toutes choses égales par ailleurs, on peut estimer un épuisement du stock d'adresses IPv4 d'ici 2010.

- **L'immense capacité d'adressage d'IPv6 justifie à elle seule, le passage au nouveau protocole**

Malgré les divers avantages techniques d'IPv6 décrits ci-après, l'essentiel, de l'avis général des experts, reste l'espace d'adressage large, qui permettra de faire face aux besoins engendrés par le développement des nouvelles applications « always on » et de rétablir l'usage du mode end-to-end qui est le principal apport d'IPv6 au niveau des applicatifs. Les autres avantages techniques, bien que réels, ne présentent pour l'heure que des potentiels intéressants, mais ne sont pas l'atout premier d'IPv6 :

- Adressage hiérarchique pour optimiser le routage,
- Autoconfiguration,
- IPSec natif,
- Multicast,
- Mobile IPv6.

IPv6 présente également plusieurs avantages permettant de mieux gérer la QoS mais qui ne sont pas encore significatifs. De manière générale, on considère que dans un premier temps, la QoS sera gérée de la même façon sous IPv6 que ce que l'on connaît aujourd'hui sous IPv4.

1.2 La normalisation IPv6 est stable

- **Le cœur d'IPv6 est aujourd'hui stable et permet des déploiements commerciaux**

A ce jour, le cœur d'IPv6, essentiel pour son fonctionnement, est considéré comme stable par la plupart des spécialistes. Considérant qu'IPv4 a commencé à être utilisé alors que l'ensemble de ses spécifications n'était pas totalement stable, on peut considérer qu'IPv6 est en mesure, dès maintenant, d'être utilisé "commercialement". Qui plus est, les "chantiers" encore existants concernent essentiellement des spécificités d'IPv6, des nouveautés par rapport à IPv4 :

- Gestion du DNS mondial sous IPv6,
- Mobile IPv6,
- Autoconfiguration,
- Champ Flow Label.

Au final, les chantiers encore en cours sous IPv6 n'ont pas d'effet négatif sur le développement de celui-ci, le protocole étant suffisamment abouti pour fonctionner sur un mode commercial aussi bien qu'IPv4, et les nouveautés inachevées ne nuisant pas à ce fonctionnement.

2 Certains acteurs déjà en ordre de marche

- **Les équipementiers et éditeurs informatiques détiennent un rôle clé**

Les équipementiers télécoms fournissent les matériels qui permettent l'acheminement des données sur les réseaux IP : il s'agit principalement des routeurs. Ces routeurs sont actuellement conçus pour acheminer les paquets de données en utilisant le protocole IPv4. L'utilisation d'IPv6, donc d'un format de paquets différent, nécessite en premier lieu une mise à niveau de ces infrastructures de routage. Ces mêmes équipementiers télécoms fournissent également des équipements d'accès à Internet : CPE et terminaux mobiles notamment. Sur le marché de l'informatique grand public, c'est d'abord le système d'exploitation (OS) qui rend possible l'utilisation d'IPv6. Les produits Microsoft, leader absolu du marché des OS pour terminaux sont sur le point d'être prêts pour IPv6 : Windows XP est déjà prêt et présentera, d'ici fin 2002, IPv6 par défaut (pour le moment, il est disponible mais doit être activé), et les autres produits Windows seront prêts avant la fin 2002. Le fait que le leader du marché aille vers IPv6 est un élément essentiel : si l'OS majoritaire est compatible IPv6, l'un des principaux points de blocage à la transition est levé.

- **Un goulet d'étranglement dans une seconde phase : les opérateurs de backbone ?**

Les opérateurs de backbone peuvent constituer un goulet d'étranglement dans la transition vers IPv6 : s'ils n'assurent pas le transit des données en IPv6, les autres opérateurs et ISP sont contraints d'avoir recours à des techniques d'encapsulation dans IPv4 pour faire transiter les données entre des nœuds distants. Ces techniques peuvent suffire pour un premier stade de déploiement d'IPv6. Cependant, la gestion à grande échelle de tunnels ne sera pas viable ; les opérateurs de backbone devront migrer leurs routeurs de cœur de réseau sous IPv6 quand la demande le justifiera.

- **Mobilité et nomadisme : IPv6 incontournable à terme**

En Europe, les équipementiers leaders spécialisés dans la mobilité et notamment les réseaux cellulaires sont actifs dans le domaine d'IPv6. Ainsi, Ericsson (par ailleurs propriétaire de Telebit, pionnier en matière de routeur IPv6) et Nokia proposent des gammes de routeurs compatibles pour IPv6. Ces acteurs considèrent que l'Internet mobile sera un moteur de croissance d'IP et qu'IPv6 sera nécessaire pour développer des services attrayants. L'horizon de la 3G est clairement évoqué par ces derniers comme une réelle opportunité pour IPv6. De plus, le saut technologique IPv6 a été identifié par le 3GPP à partir du release 5 de la norme UMTS. Le marché des WLAN connaît un développement sensible à la fois dans le domaine des réseaux d'entreprises et, plus récemment, dans le domaine des réseaux d'accès public. Les WLAN permettent la connexion à la fois des assistants personnels et des ordinateurs. Toutefois, la prolifération attendue du nombre de terminaux connectés par ces technologies est bien moindre que celle attendue de la téléphonie mobile. Ainsi, le développement des WLAN n'aura pas un effet majeur dans un premier temps, comparé à la téléphonie mobile. Cependant, aujourd'hui, de plus en plus de demandes se font sentir quant à l'utilisation des technologies WLAN sur des réseaux publics. Si une telle utilisation tend à se généraliser, l'arrivée de Mobile IPv6 pourrait s'accélérer de manière notable ; l'attitude des autorités réglementaires sera déterminante dans les prochains mois quant à l'utilisation des technologies WLAN sur des réseaux publics.

- **IPv6 : un relais de croissance**

Les équipementiers télécoms ont clairement identifié IPv6 en tant que relais de croissance : IPv6 va accélérer le renouvellement des parcs (terminaux et réseaux d'accès). De plus, IPv6 sera pour les différents équipementiers un moyen d'atteindre de nouveaux marchés :

- via l'électronique connectée : équipementiers grand public,
- de par l'intrusion d'IP dans d'autres secteurs que l'informatique et les télécommunications : équipementiers IP.

Dans le cadre du développement des connexions permanentes des terminaux (développement des hauts débits notamment, 3G), les opérateurs peuvent trouver, dans IPv6, un réservoir d'adresses qui leur permettra d'offrir un service de qualité à leurs clients, sans souci de gestion complexe (NAT). La gestion du réseau est globalement simplifiée, notamment grâce à l'adressage hiérarchique et aux fonctions d'autoconfiguration. En offrant un meilleur service, on peut imaginer que l'opérateur puisse augmenter ses tarifs sur certaines parties de son offre. La gestion du réseau étant moins onéreuse, certains équipementiers estiment ainsi que des opérateurs peuvent accroître leurs marges.

- **Des coûts maîtrisables mais des modèles économiques à inventer**
- **Des modèles économiques à inventer sous IPv6 pour des ISP tirant leurs revenus exclusivement de services IPv4**

Les coûts engendrés par le passage à IPv6 pour les ISP sont marginaux, du moins dans le domaine matériel : la mise à jour software des routeurs est souvent gratuite. En revanche, si l'ISP gère les deux versions d'IP sur un même réseau, la lourdeur de gestion peut être ressentie, le surcoût des équipements restant marginal. Les principaux coûts identifiés par les fournisseurs d'accès sont les coûts humains : les personnels maîtrisent la technologie IPv4. IPv6 présente de nouvelles particularités et les techniciens doivent donc s'adapter. Ils devront, en outre, être capables de gérer les deux versions d'IP simultanément pendant une longue période.

L'architecture MPLS ou Dual Stack semble bien adaptée pour les ISP car elle leur permet dans un premier temps d'être assez flexibles face à la demande de leurs clients en accès IPv6 : possibilité d'ouvrir des accès IPv6 au cas par cas sans avoir à migrer tout le réseau.

Aujourd'hui, le principal souci des ISP, sur un marché particulièrement concurrentiel en phase de concentration, est de stabiliser leur position et de trouver le meilleur modèle qui leur permettra d'atteindre l'équilibre sous IPv6. Leur souci majeur n'est donc pas de tenter de nouvelles aventures en proposant IPv6, pour lequel la demande n'est pas encore identifiée. Le développement des accès haut débit via ADSL notamment, peut être un facteur déclencheur pour la fourniture d'accès IPv6 pour les ISP. Au Japon, c'est à travers des accès ADSL via IPv6 que les ISP (IJJ, NTT) proposent leurs premiers accès commerciaux IPv6.

- **Vers un environnement plus concurrentiel pour les ISP ?**

Comme nous venons de l'évoquer, l'abondance d'adresses IPv6 est une opportunité qui permet à de nombreux ISP de se repositionner sur un marché plus ouvert, de proposer de nouveaux services, d'améliorer ou de simplifier des services existants ou de gérer plus simplement leurs réseaux.

Ainsi, la fourniture de services d'accès à Internet sous IPv6 va permettre de fluidifier la concurrence entre les ISP dès lors, par exemple, que le système d'autoconfiguration permettra aux entreprises de changer de fournisseur à moindre coût, la renumérotation d'un réseau devenant automatique, mais est aussi susceptible de réduire, dans cette mesure, l'étendue de leurs services.

- **Entreprises et IPv6 : l'engouement se fait attendre**

Il faut distinguer deux types d'entreprises de technologie IP : les entreprises qui utilisent le protocole pour leurs communications et leurs réseaux (Intranet, Extranet), et les entreprises qui, bien qu'étant hors du champ des acteurs du marché "traditionnel" d'Internet, peuvent trouver des opportunités pour utiliser IPv6 dans de nouvelles applications, ou en substitution d'applications existantes.

Ces deux aspects peuvent se manifester au sein d'une même entreprise, avec des attitudes différentes par rapport à IPv6 selon le contexte.

Les premières, utilisatrices de réseaux d'entreprises IP, ne ressentent pas nécessairement le besoin de passer à IPv6. Bien que les avantages potentiels d'IPv6 soient perçus, les responsables informatiques estiment, dans leur ensemble, qu'il n'y a ni urgence, ni priorité. Dans le contexte actuel, la priorité est à la pérennisation des investissements déjà réalisés sous IPv4. C'est le cas d'une majorité de grandes entreprises qui estiment pour l'instant que rien n'est possible sous IPv6 qui ne soit faisable sous IPv4.

Parallèlement, certaines entreprises non utilisatrices d'IP, ou non orientées à l'origine vers les TIC, voient dans IPv6 une opportunité. Ainsi, dans le secteur de l'Aéronautique, on étudie attentivement le nouveau protocole IPv6. Les acteurs y voient une possibilité de passer à IP. Qui plus est, l'abondance d'adresses peut permettre d'imaginer le développement de nouvelles applications : suivi des sous-ensembles des avions, maintenance, Internet embarqué. Les constructeurs automobiles, qui, s'ils estiment que leurs réseaux internes peuvent demeurer en IPv4, voient avec IPv6, allié aux technologies cellulaires, la possibilité de nouvelles applications autour de la voiture connectée. Les constructeurs d'électroménager imaginent également des applications domotiques.

Il y a donc face à IPv6 une attitude relativement neutre des grandes entreprises, voire indifférente de la part des directions informatiques, alors que les directions de R&D y voient un certain nombre d'opportunités dans le domaine des objets communicants. Dans tous les cas, il y a une volonté de se tenir informé, même si l'information semble parfois faire défaut.

3 Les facteurs déclencheurs du passage à IPv6

3.1 Au-delà de la pénurie d'adresses IPv4, d'autres facteurs déclencheurs de 1^{er} rang : services mobiles (GPRS et 3G) et nomades (WLAN)

Outre la pénurie d'adresses IPv4, premier facteur déclencheur du passage à IPv6 et qui s'annonce pour les prochaines années (cf. ci dessus), d'autres facteurs déclencheurs de 1^{er} rang se sont dégagés de cette étude :

- **IPv6 est considéré par les acteurs du secteur comme une évolution à terme incontournable des réseaux mobiles**

L'émergence des services de données mobiles, au Japon notamment avec l'i-mode de DoCoMo et les autres services des opérateurs concurrents, et en Europe avec le succès des SMS, conduit à s'interroger sur l'influence de ce marché sur l'introduction d'IPv6. Par ailleurs, l'arrivée de nouvelles générations de technologies réseaux devrait conduire à la prolifération des terminaux mobiles connectés : le GPRS tout d'abord, dont les premiers services commerciaux à destination des entreprises sont à présent offerts par la plupart des opérateurs GSM d'Europe de l'Ouest, puis la 3G (UMTS et CDMA 2000) qui fait l'objet d'investissements colossaux en Europe et dont le premier service commercial a été ouvert au Japon par DoCoMo en octobre 2001.

Même si dans un premier temps, les systèmes mobiles GPRS et UMTS exploitent IPv4, la version IPv6 apparaît comme un enjeu important pour les opérateurs de réseau mobile, car il permettra d'allouer une adresse IP permanente à chaque terminal mobile connecté. En effet, le GPRS introduit le concept de "always-on", c'est-à-dire de connexion permanente au réseau de données en IP, même lorsque l'utilisateur est inactif. A terme, IPv6 est considéré par les acteurs du secteur comme une évolution incontournable des réseaux mobiles.

- **L'utilisation des technologies WLAN sur des réseaux publics pourrait accélérer l'arrivée de Mobile IPv6 ; l'attitude des autorités de réglementation sera déterminante à ce niveau**

Aujourd'hui, de plus en plus de demandes se font sentir quant à l'utilisation des technologies WLAN sur des réseaux publics. Si une telle utilisation tend à se généraliser, l'arrivée de Mobile IPv6 pourrait s'accélérer de manière notable ; l'attitude des autorités réglementaires sera déterminante dans les prochains mois quant à l'utilisation des technologies WLAN sur des réseaux publics.

La gestion native de la mobilité par IPv6 et ses solutions simples permettant une simplification de la gestion de la mobilité d'un terminal dans un réseau (auto configuration, renumérotation automatique) constituent des avantages évidents pour ce type de technologies et font d'IPv6 une solution particulièrement séduisante pour la gestion de la mobilité dans des réseaux hétérogènes. On pense notamment aux terminaux mobiles au travers d'un WLAN, puis sur les réseaux 3G : mobilité totale et transparente pour l'utilisateur.

3.2 La dynamique de l'accès haut débit, de l'électronique connectée et des réseaux de capteurs : facteurs déclencheurs de 2^{ème} rang

Derrière ces facteurs déclencheurs de 1^{er} rang, apparaissent d'autres moteurs de la migration vers IPv6 :

- **Les accès hauts débit consommateurs d'adresses permanentes**

Le marché des hauts débits en devenir pourrait accélérer la pénurie d'adresses sous IPv4. En effet, la plupart des accès haut débit se font en always-on, c'est-à-dire que le terminal reste connecté en permanence et nécessite donc une adresse IP fixe. En pratique, les fournisseurs d'accès haut débit via ADSL par exemple, continuent à proposer un adressage dynamique. Cependant, les usages qui se développent autour de ces connexions permanentes font que ces ISP ne peuvent appliquer les mêmes taux modem/abonnés que sous connexion RTC ; ces taux peuvent ainsi passer de 1/10 ou 1/20 sous accès commuté à 1/2 ou 1/4 sous accès ADSL. Cela accélère donc la consommation d'adresses IP. De plus, si l'on examine la situation au Japon, on observe que les premiers déploiements IPv6 ne se font pas du côté des services mobiles comme on aurait pu s'y attendre mais à travers des accès ADSL sous IPv6 (IIJ, NTT).

- **L'électronique connectée : un levier de développement pour IPv6 unanimement reconnu**

Le développement des objets électroniques connectés est unanimement reconnu comme un levier potentiel pour IPv6. Les produits de l'électronique grand public et de l'électroménager (de type TV, appareils photos, etc.) devraient de plus en plus fréquemment être connectés à Internet : ceux-ci pourraient se comporter comme des terminaux (écrans de télévision pour surfer sur Internet, ...) ou comme des serveurs (appareils électroménagers dans le cadre du développement de la domotique). En outre, les terminaux portables de type PDA devraient se multiplier à l'avenir et être également connectés. Le besoin en adresses IP généré par les développements annoncés devrait rendre impératif le passage des réseaux à IPv6, du moins pour les réseaux concernés par ces applications.

A ce jour, les développements ont commencé, notamment au Japon, où les produits électroménagers connectés devraient apparaître courant 2003 et les jeux en réseaux, moteurs de la croissance du marché des consoles de jeux connectés, devraient exploser en Asie en 2002.

- **L'adressage global d'un réseau de capteurs : une source de consommation en adresses IP**

La mise en réseau et la connexion de capteurs via IP est une technique émergente sur laquelle des expérimentations sont menées (au Japon notamment). De nombreux acteurs l'identifient comme un levier de croissance du besoin en adresses IP : adressage global de "méga réseaux de capteurs", pour la météorologie, développement des réseaux de capteurs embarqués dans l'automobile, ou l'aéronautique. Les fournisseurs d'applications militaires ont également intérêt à passer à IPv6 : qu'il s'agisse de systèmes de communications "traditionnels" ou de nouveaux systèmes de contrôle du matériel ou de suivi des soldats, IPv6 peut apporter de réels avantages. Si ces techniques prennent effectivement un essor important, elles constitueront une source de croissance du besoin en adresses IP et donc un facteur influençant le passage vers IPv6.

4 IPv4 – IPv6 : une cohabitation longue et incontournable

4.1 Un risque limité de morcellement de l'Internet

- **Des risques limités de morcellements technologiques de par la longue cohabitation inévitable entre les deux protocoles**

Même si IPv6 a été conçu dans la continuité d'esprit d'IPv4, sans réelle rupture technologique, le nouveau protocole n'en reste pas moins différent et l'interopérabilité entre les deux IP n'est pas naturelle. Il apparaît plus judicieux de parler de transition et de déploiement que de migration : on ne se situe pas dans un cas de figure du type an 2000 avec une bascule subite, mais dans celui d'une transition douce et progressive des réseaux. Ceci signifie que les deux standards seront amenés à cohabiter pendant plusieurs années et donc à interopérer. Les scénarii de transition sont multiples et les outils qui les appuieront ont été largement envisagés par l'IETF, ainsi que leurs usages dans les différentes phases de la transition.

Ainsi, la cohabitation entre les deux standards risque d'être relativement longue. On peut estimer qu'à partir des premiers déploiements IPv6, il faudra au moins une dizaine d'années pour qu'IPv6 devienne majoritaire. Qui plus est, il n'y a pas uniformité dans ce domaine : il est probable que les ISP migrent bien avant les entreprises qui cherchent d'abord à rentabiliser les applicatifs développés sous IPv4 avant d'investir dans de nouvelles techniques.

- **L'Asie avec le Japon et la Corée devrait connaître un décollage significatif du marché IPv6 d'ici 2003**

D'un point de vue géographique, le rythme d'entrée dans IPv6 des différentes régions du monde sera assez différent. Toutefois, le morcellement géographique (barrière des langues, habitudes d'utilisation) existe déjà de fait, et les conséquences techniques de la cohabitation de différents standards en différentes zones devraient donc être minimales.

4.2 Une opportunité pour remettre à plat la répartition des DNS racines

- **L'arrivée d'IPv6 peut être l'occasion de remettre en cause l'hégémonie des USA dans la gestion du DNS mondial**

Le serveur DNS est l'outil qui permet de faire correspondre un nom de domaine "en clair" à une adresse IP. Actuellement, les serveurs DNS fonctionnent en IPv4. Si quelques problèmes se posent encore pour le fonctionnement en IPv6, au Japon et en France, des serveurs DNS IPv6 fonctionnent néanmoins. La principale difficulté sera donc d'assurer l'interopérabilité IPv4/IPv6 pour cette fonction, de façon transparente notamment lors du procédé de résolution de noms de domaine.

Actuellement, les serveurs DNS sont hébergés par des organismes associés à la gouvernance de l'Internet. Ainsi, en France, c'est Renater qui administre le premier serveur DNS IPv6. Selon les experts, le principal problème ne sera pas technique et ne concernera pas les serveurs DNS "nationaux" : l'organisation du DNS est hiérarchique, et ce qui manque aujourd'hui est une capacité de gérer le DNS au sommet de cette hiérarchie : les serveurs racines (root) ne sont pas prêts. Il s'agirait là d'une cause "politique" plus que technique : blocages de l'IANA et de l'ICANN.

Une prise de position des autorités internationales de l'Internet s'impose à présent. En effet, c'est en partie en décidant de la hiérarchie du DNS IPv6 mondial que l'on construira l'Internet de demain. En l'absence de décision, on pourrait assister à un morcellement du DNS mondial : serveur DNS racine en Asie, serveur DNS racine en Europe. Ainsi l'arrivée d'IPv6 peut être l'occasion de remettre en cause l'hégémonie des USA dans la gestion actuelle du DNS mondial.

5 Les enjeux pour la régulation

- **Intensification de la concurrence mais risque de nouveaux goulets d'étranglement**

L'arrivée d'IPv6 pourra conduire à **intensifier la concurrence sur des marchés existants liés à l'accès à Internet** : la suppression de la rareté des ressources en adresses IP et une baisse des coûts de gestion des réseaux par les ISP pourraient abaisser les barrières à l'entrée ; le système d'auto-configuration et le modèle de communication poste à poste pourraient contribuer à fluidifier la concurrence entre ISP. De nouveaux marchés sont susceptibles d'apparaître essentiellement sur les services (solutions de transition, accès par de nouveaux terminaux d'accès à Internet, fonctionnalités spécifiques offertes par IPv6 pour les services de jeux distribués ou de visioconférence).

A l'inverse, IPv6 peut également faire apparaître **de nouveaux goulets d'étranglement** : en l'absence d'assouplissement du mécanisme actuel restrictif d'allocation des adresses, en l'absence de disponibilité d'une offre de transit sous IPv6, en cas de retard ou de limitation dans la disponibilité de systèmes d'exploitation compatibles. Des positions dominantes pourraient se créer ou se renforcer sur des marchés de produits (routeurs et systèmes d'exploitation) ou de services, au profit des opérateurs de backbone IPv6, ou de certains équipementiers.

- **Déploiement d'IPv6 dans un cadre réglementaire rénové**

Le déploiement d'IPv6 interviendra en grande partie dans un cadre réglementaire rénové, au plus tard à la mi 2003, marqué notamment par l'harmonisation du régime applicable aux différents réseaux et services de communications électroniques.

A la suite des travaux de l'IPv6 Task Force, la Commission Européenne a publié le 21 mars 2002, une communication sur l'Internet nouvelle génération, proposant **des priorités d'actions dans la migration vers le nouveau protocole IPv6**.

L'utilisation de ce protocole par les opérateurs n'est pas susceptible de modifier la qualification juridique de réseaux et services, ni leur régime, mais un suivi du déploiement pourra être effectué sur la base des informations qui leur seraient demandées.

- **IPv6 et la réforme des instances de gouvernance de l'Internet**

Le passage à IPv6 s'effectue dans le contexte plus global de la réforme des instances de l'Internet. Une certaine opacité entoure les règles d'attribution des adresses IPv6 en raison de l'absence de visibilité sur le calendrier d'adoption et du nombre d'intervenants dans le processus, mais les futures règles d'allocation tentent de limiter les risques d'atteinte à l'égalité des conditions de concurrence.

On peut relever qu'à l'occasion de la définition des nouvelles politiques d'allocation IPv6, un effort de clarification du rôle respectif des différents organismes d'autorégulation est effectué, qui témoigne d'un souci de plus grande transparence dans les processus d'adoption. Ainsi, selon le projet d'accord au 9 avril 2002 entre l'ICANN et les RIR, les RIR sont responsables pour l'allocation des adresses et le développement des politiques relatives à leur région. L'ICANN est responsable de la coordination globale et de la gestion des ressources. L'accord reconnaît la validité de la révision au sein de l'ASO des politiques actuelles d'adressage et l'ICANN comme l'organisme responsable de l'allocation des adresses aux RIR, mettant ainsi fin à la persistante incohérence de l'IANA dans la description des processus d'allocation. Mais les régulateurs n'ont pas de compétence en la matière et les gouvernements interviennent en bout de chaîne à titre consultatif.

- **Une nouvelle politique d'adressage**

Les nouvelles politiques d'adressage IPv6, tout en réaffirmant les principes de gestion des adresses IP, conduisent à donner une plus grande importance à l'objectif d'agrégation qu'à celui de "conservation" des adresses et ont introduit un nouveau principe d'équité et d'impartialité des pratiques et politiques. La publication des adresses attribuées par les RIR, l'absence de droit de propriété sur les adresses IP attribuées et le contrôle des

différents transferts entre les registres des adresses attribuées tentent de répondre à l'objectif d'une meilleure gestion des adresses IPv6.

Les conditions prévues par la politique actuelle (définie à titre intérimaire en 1999) sont favorables aux grands acteurs et à ceux positionnés tôt sur des réseaux expérimentaux, mais la nouvelle politique témoigne d'un rééquilibrage au profit des acteurs IPv4 tout en n'évitant pas tout risque de discrimination à l'égard des nouveaux acteurs « tout IPv6 ». Les discussions du projet "IPv6 Address Allocation and Assignment Policy" diffusé en décembre 2001 ont conduit à assouplir des conditions d'accès aux adresses IPv6 et à prendre en compte les bases de clients IPv4 des demandeurs.

La reprise des adresses non utilisées ne semble pas être un moyen déterminant pour retarder la pénurie des adresses IPv4 : **les mécanismes juridiques de reprise des adresses existent en théorie mais ne semblent pas utilisés par le RIPE**. Une politique restrictive d'allocation et d'attribution des adresses IPv4 pourrait retarder la pénurie des adresses IPv4. Une telle politique est prévue par le RFC 2050 et par le document RIPE 185 qui limitent l'allocation et l'attribution des adresses aux besoins précis du demandeur d'adresses.

- **Intéropérabilité : pas de difficultés majeures en vue**

Le nouveau protocole devra conduire à s'assurer que les ISP disposent, à terme, d'une offre d'accès non-discriminatoire aux réseaux sous IPv6. L'interopérabilité des services semble assurée par l'existence de solutions de transition et la disponibilité de routeurs et terminaux compatibles IPv4/IPv6. En cas de besoin, non avéré à ce jour, une possibilité théorique d'intervention de l'ETSI existe. La continuité de la qualité des services mobiles multimédia pourrait conduire à intervenir sur les accords d'itinérance.

- **Le choix de l'utilisateur**

Du côté des utilisateurs, IPv6 n'a pas d'incidence sur le choix, par l'internaute, de son opérateur d'accès ni de son ISP, sauf dans l'hypothèse où s'installerait une pratique de préinstallation dans les terminaux des adresses d'ISP. Quant à la liberté d'accès aux sites et aux contenus, c'est l'ISP qui détient les moyens de la garantir, en proposant aux fournisseurs de contenus des accès IPv6, c'est-à-dire en pratique en s'équipant en serveurs à double pile pouvant être utilisés indifféremment par tous les fournisseurs. Néanmoins, la capacité d'auto-configuration facilite la pré-installation des adresses : selon les accords conclus entre le fournisseur du terminal (également ISP) avec les tiers, l'accès à des plates-formes de services pourrait être limité.

- **L'adresse IP et données personnelles**

La Commission européenne a rappelé dans sa communication du 21 février 2002 que **l'adresse IP pouvait être une donnée personnelle** au sens du cadre juridique communautaire. Les données de trafic, telles que l'adresse IP, doivent, en principe, être effacées ou rendues anonymes dès l'achèvement de la transmission, sauf exceptions. Le nouvel article L. 32-3-1 du Code des postes et télécommunications pose le principe de l'effacement immédiat ou de l'anonymat des données de communication, cette obligation s'imposant notamment aux ISP. Le respect du cadre communautaire relatif à la protection de la vie privée devrait également s'imposer au RIPE s'agissant de ses bases de données.

6 Conclusion

Plusieurs facteurs annoncent une transition prochaine vers **IPv6** :

- **l'immense capacité d'adressage** offerte par IPv6 permettra de sortir de la période de gestion de la pénurie d'adresses IP que nous vivons actuellement ;
- plusieurs facteurs déclencheurs du passage à IPv6 s'annoncent dès à présent autour notamment des **applicatifs « always on »** :
 - l'émergence des **services de données mobiles** autour du GPRS et UMTS. Toutefois, cette affirmation est à modérer. Le GPRS et l'UMTS se déploient dans leur première version avec l'IPv4,
 - les **accès haut débit (fixes et nomades du type WLAN)** consommateurs d'adresses permanentes,
 - **l'électronique connectée** qui constitue un levier potentiel de développement pour IPv6.
- Enfin, la **normalisation IPv6 est à présent suffisamment stable** pour commencer des déploiements commerciaux mais des chantiers importants restent ouverts.

Face à cette arrivée annoncée d'IPv6 on trouve **des acteurs en ordre de marche dispersé** :

- **les plus engagés sont les équipementiers télécoms** qui ont clairement identifié en IPv6 un relais de croissance,
- concernant les **opérateurs mobiles**, si le saut technologique IPv6 a bien été identifié par les instances de normalisation (notamment le 3GPP), les premiers déploiements GPRS et UMTS se font pour l'instant sous IPv4,
- les **opérateurs de backbone**, la plupart, sont attentistes et ne voient pas une forte demande IPv6 ; quelques exceptions sont à noter comme NTT ou Telia,
- concernant les **ISP**, la priorité semble aujourd'hui à la stabilisation de leurs modèles économiques sous IPv4 ; de plus, l'arrivée d'IPv6 suscite certaines craintes concernant principalement un contexte concurrentiel,
- enfin, **les entreprises** utilisatrices de technologies IP ne se sentent pas encore vraiment concernées par l'arrivée d'IPv6, d'autant plus que le retour sur investissement n'est pas évalué.

Le positionnement de ces différentes catégories d'acteurs est à moduler selon les zones géographiques, **les acteurs asiatiques étant globalement précurseurs** face au passage à IPv6.

La cohabitation entre IPv4 et IPv6 sera longue et inévitable, il est ainsi plus opportun de parler de déploiement d'IPv6 plutôt que de migration.

Par ailleurs, l'arrivée d'IPv6 peut remettre **en cause l'hégémonie américaine dans la gestion du DNS mondial**. A ce titre, les décisions à venir concernant la mise en place de DNS racine IPv6 seront cruciales. Disposant de serveurs DNS à un niveau national, l'Asie et l'Europe doivent de se positionner dès à présent sur ces questions.

Plusieurs enjeux pour la régulation ont été mis en évidence lors de cette étude :

- l'arrivée d'IPv6 pourrait conduire à intensifier la concurrence sur les marchés existants liés à l'accès Internet mais également à l'apparition de goulets d'étranglement notamment via les systèmes d'exploitation ou, en fin de déploiement, au niveau des backbones IP ;
- le passage à IPv6 s'effectue dans un contexte plus global de réforme des instances de l'Internet et de rééquilibrage des instances de gouvernance ;
- les procédures d'allocations d'adresses IP se distinguent des procédures d'attribution des numéros par l'absence de mise en œuvre du principe de séparation des fonctions de réglementation et d'exploitation qui

permet, en pratique, de garantir réellement l'application des principes d'objectivité et de non-discrimination ;

- les nouvelles règles d'attribution d'adresses IPv6 proposées au printemps 2002 paraissent plus équitables mais une vigilance s'impose toutefois dans cette période de transition ;
- l'IPv6 n'a pas d'incidence sur le choix, par l'internaute, de son opérateur ni de son ISP, sous réserve d'une pré-installation dans les terminaux des adresses IP ; l'interopérabilité ne semble pas soulever de problématiques insolubles. L'existence de solutions de transition et la disponibilité de routeurs et terminaux compatibles IPv4/IPv6 permettront vraisemblablement d'assurer l'interopérabilité des deux protocoles.

Ainsi, si nécessaire, des lignes directrices relatives au calendrier des offres de transit sous IPv6 proposées par les opérateurs de backbones ou aux principes à respecter par les opérateurs et les ISP en vue de permettre le libre accès des utilisateurs aux services et contenus sont susceptibles d'apporter la visibilité souhaitée par le marché. Cependant, au stade actuel, les attentes des acteurs interrogés relèvent plus d'un environnement industriel favorable que d'interventions spécifiques de type réglementaire ou du régulateur.