



Transition

IPv4



IPv6

Table des matières

Résumé.....	3
Introduction générale	4
Etat des lieux.....	5
Historique d'Internet et du protocole IP et problématique	5
Opportunités et avantages	8
Situation dans le monde arabe	10
Situation dans le monde.....	11
Orientations et enjeux du déploiement IPv6	14
Orientations	14
Enjeux de l'IPv6	17
Pourquoi planifier dès maintenant la transition vers l'IPv6 ?.....	17
Les considérations économiques du point de vue d'organisations individuelles	17
Considérations économiques à prendre en compte du point de vue des politiques publiques ..	18
IPv6 et retour sur investissement et coûts	19
Bonnes pratiques pour réussir le déploiement IPV6	20
Décisionnel	21
Réglementaire.....	22
Sensibilisation	22
Planification / organisation.....	22
Acteurs en jeu	23
Exécution	23
Technique	23
Conclusion générale.....	24
Bibliographie.....	25

Résumé

L'augmentation de l'utilisation de l'Internet dans tous les domaines, qui a commencé dans les années quatre-vingt-dix, est toujours en cours atteignant plus de 1,5 milliard d'utilisateurs dans le monde entier¹. L'espace d'adressage du protocole Internet (IP), tel que nous le nous connaissons, ne peut pas permettre d'adresser plus de 4,3 milliards de machines, ce qui a poussé l'Internet Engineering Task Force (IETF)² à commencer à travailler sur un nouveau modèle de l'IP depuis 1996, qui pourrait accueillir un plus grand nombre de réseaux et d'ordinateurs, dont le nom est IPv6 (Internet Protocol version 6).

Les principales motivations qui ont été derrière l'apparition de l'IPv6:

1. l'extension immense de l'espace d'adressage : encodage de l'adresse sur 128-bits au lieu de 32-bits, permettant ainsi de connecter des milliers de milliards d'équipements et de réseaux, dans l'objectif d'assurer la communication entre tous les appareils électroniques via l'Internet, et la création et le développement de nouveaux services.
2. La communication directe entre les parties, sans recours aux mécanismes de translation des adresses réseau (Network Address Translation ou NAT)
3. Réduction des tables de routage
4. Amélioration du protocole en vue d'accélérer le traitement des paquets et de l'accès à l'information
5. Intégration de mécanismes de sécurité de la communication et de l'information dans le protocole
6. Intégration des fonctionnalités liées à la mobilité
7. L'intégration de classes de qualité de service (QoS).
8. Faciliter la diffusion multidestinataire en permettant de spécifier l'envergure,
9. Donner la possibilité à un ordinateur de se déplacer sans changer son adresse,
10. Permettre au protocole une évolution future,
11. Accorder à l'ancien et au nouveau protocole une coexistence pacifique.

Compte tenu de l'ensemble de ces développements, de nombreux pays, ont réalisé depuis l'an 2000, les travaux expérimentaux, des bancs d'essai, et les environnements de production, tout en se concentrant sur le déploiement et l'intégration des deux versions du protocole IP (v4 et v6) en collaboration avec plusieurs organisations et réseaux internationaux.

En effet, les projections les plus récentes et les études au niveau international, ont fixé une date symbolique pour l'épuisement des adresses IPv4 qui est 10 Octobre 2011, alors que les cinq dernières classes IPv4 /8 ont été récemment attribuées³ aux cinq Registres Internet Régionaux (RIR⁴).

Dans ce cadre, et afin de développer davantage et à urger la création de nouveaux services au sein de nos réseaux, il est nécessaire d'établir un programme complet et détaillé pour la dissémination de cette nouvelle version du protocole IP et d'assurer son intégration par un accès facile et transparent de manière accessible à toutes les parties.

En conséquence, le présent document commence par détailler la nécessité pour l'IPv6 et énumère les différents défis auxquels nous devons faire face au niveau arabe à l'égard de chaque pays. Ce document indique également les différentes étapes et le plan d'action recommandé par les

¹ <http://www.internetworldstats.com/stats.htm>

² <http://www.ietf.org/>

³ <http://www.icann.org/en/minutes/resolutions-06mar09.htm>

⁴ http://en.wikipedia.org/wiki/Regional_Internet_Registry : A regional Internet registry (RIR) is an organization overseeing the allocation and registration of Internet number resources within a particular region of the world. There are currently five RIRs in operation



meilleures pratiques et les expériences internationales dans le domaine, tout en évaluant les travaux des pays arabes en la matière.

Introduction générale

Le problème des adresses de type IPv4 (protocole IP version 4, RFC997⁵) n'est pas nouveau, et surtout pas récent. Depuis des années, nous savons déjà que le nombre d'adresses disponibles est en chute libre, car elles ne sont plus réservées depuis longtemps aux seuls ordinateurs et serveurs. De nouveaux équipements ont fait leur apparition et réclament des adresses pour se connecter à Internet et communiquer, quel que soit le domaine d'application.

L'essor d'Internet va-t-il se ralentir dans les années à venir ? La question peut paraître absurde si l'on admet que la diversification des usages du réseau mondial en voix, téléphonie et télévision et l'extension de son accès au cinquième de la population mondiale sont survenues en quelques années seulement, à l'aide de la technologie actuelle. Mais le débat existe.

Cette multiplication d'appareils dits « intelligents » ou tout du moins « communicants » a accéléré la chute du nombre d'adresses disponibles au point que certains organismes peuvent désormais donner une date pour la fin officielle de cette disponibilité. Il faut savoir qu'une adresse IPv4 est codée sur 32 bits et que cela permet un total 4,3 milliards de possibilités. Nous arrivons donc à la fin de la liste, et deux dates sont maintenant avancées :

- L'Internet Assigned Numbers Authority (IANA)⁶ estime que ce sera le 17 avril 2010
- Les Regional Internet Registries (RIR) estiment pour leur part que ce serait plutôt pour le 2 décembre 2010⁷

Malgré l'écart de huit mois entre les deux avis, la donnée essentielle reste l'année : 2010. C'est une évolution calculée sur la tendance actuelle dans laquelle le secteur de la mobilité joue un rôle très important. En effet, IPv4 ne permettra plus à Internet de changer d'échelle pour toucher cette fois la majorité des humains ou créer de nouveaux services. Pour éviter l'asphyxie, il serait urgent de passer à IPv6 (protocole IP version 6, RFC1883⁸), apparu depuis 1996 pour succéder à l'actuelle version du protocole, avec l'idée qu'Internet s'étendra un jour à plusieurs milliards d'objets communicants.

Cette solution connue depuis longtemps, est prise en charge par la quasi-totalité des nouveaux équipements d'infrastructures réseaux et par tous les systèmes d'exploitation récents, elle permettrait, grâce à son codage sur 128 bits, de distribuer l'équivalent de 667 132 milliards d'adresses réseaux par millimètre carré de surface terrestre.

Évidemment, l'ensemble des équipements qui doivent être modifiés ou mis à jour est si vaste que l'opération est ardue. La migration a déjà commencé à certains endroits, mais elle est lente, car une compatibilité vers les équipements IPv4 est absolument obligatoire. À cette nouvelle, le rapport⁹ de l'OECD¹⁰ (Organisation for Economic Co-operation and Development) montre, avec des arguments économiques, que la migration vers IPv6 est la seule solution à long terme pour faire fonctionner Internet. Alors que du côté des États-Unis, par exemple, toutes les agences gouvernementales ont déjà vu leurs infrastructures migrer vers l'IPv6 en juin 2008¹¹.

⁵ <http://www.ietf.org/rfc/rfc997.txt>

⁶ <http://www.iana.org/>

⁷ <http://nro.org/>

⁸ <http://www.ietf.org/rfc/rfc1883.txt>

⁹ <http://www.oecd.org/dataoecd/7/1/40605942.pdf>

¹⁰ <http://www.oecd.org>

¹¹ <http://www.whitehouse.gov/omb/memoranda/fy2005/m05-22.pdf>
http://www.whitehouse.gov/omb/pubpress_2008_070108_scorecard/



Le point essentiel pour la migration vers l'IPv6, en dehors du temps qu'elle va prendre, est son impact sur le quotidien. Si l'ensemble des services en ligne pouvaient être arrêtés le temps d'une maintenance générale à l'échelle planétaire, le problème serait différent. Mais en ce qui concerne par exemple les fournisseurs d'accès, migrer tout en maintenant le service offre certains défis techniques d'ampleur.

Il faudra prendre en compte également un parc de machines vieillissant. En effet, tous les ordinateurs utilisés ne disposent pas d'une gestion de l'IPv6, loin s'en faut. Les années à venir risquent donc d'être riches en travaux pour tous les intervenants potentiels.

L'objectif de ce rapport, dans sa première partie, est de dresser un état des lieux de l'espace d'adressage IPv4, et de montrer l'opportunité et l'urgence du déploiement de l'IPv6 et ce sur différents plans et en respect de différentes considérations. La deuxième partie traite des meilleures pratiques à prendre en compte pour mener à bien ce projet à différents niveaux.

Etat des lieux

Historique d'Internet et du protocole IP et problématique

Les jours du protocole IP dans sa forme actuelle (IPv4) sont comptés. Le réseau Internet était utilisé largement par les universités, les industries de pointe, et le gouvernement Américain dès le milieu des années 1990. Depuis, Internet a intéressé de plus en plus les entreprises et les sociétés commerciales, un grand nombre d'individus et de systèmes exprimant les uns et les autres des besoins différents. Par exemple : avec la convergence imminente de l'ordinateur, des réseaux, de l'audiovisuel et de l'industrie des loisirs, chaque poste de télévision deviendra avant longtemps un équipement d'accès à Internet permettant à des milliards d'individus de pratiquer, par exemple, la vidéo à la demande, le télé-achat ou le commerce électronique. Dans ces circonstances, le protocole IP doit offrir plus de flexibilité et d'efficacité, résoudre toute une variété de problèmes nouveaux et ne devrait jamais être en rupture d'adresses.

Au départ, toutes les adresses internet sont détenues par l'IANA, qui attribue de grands blocs d'adresses aux cinq registres internet régionaux (RIR)¹², lesquels les affectent à leur tour en blocs plus petits à ceux qui en ont besoin, notamment aux Local Internet Registries (LIR)¹³. Cette attribution, de l'IANA aux RIR et des RIR aux LIR, est faite sur la base de besoins avérés.

¹² Ces registres sont les suivants: AfriNIC (pour l'Afrique), APNIC (pour l'Asie-Pacifique), ARIN (pour l'Amérique du Nord et les Caraïbes), LACNIC (pour l'Amérique latine) et RIPE NCC (pour l'Europe, le Moyen Orient et certaines parties de l'Asie centrale).

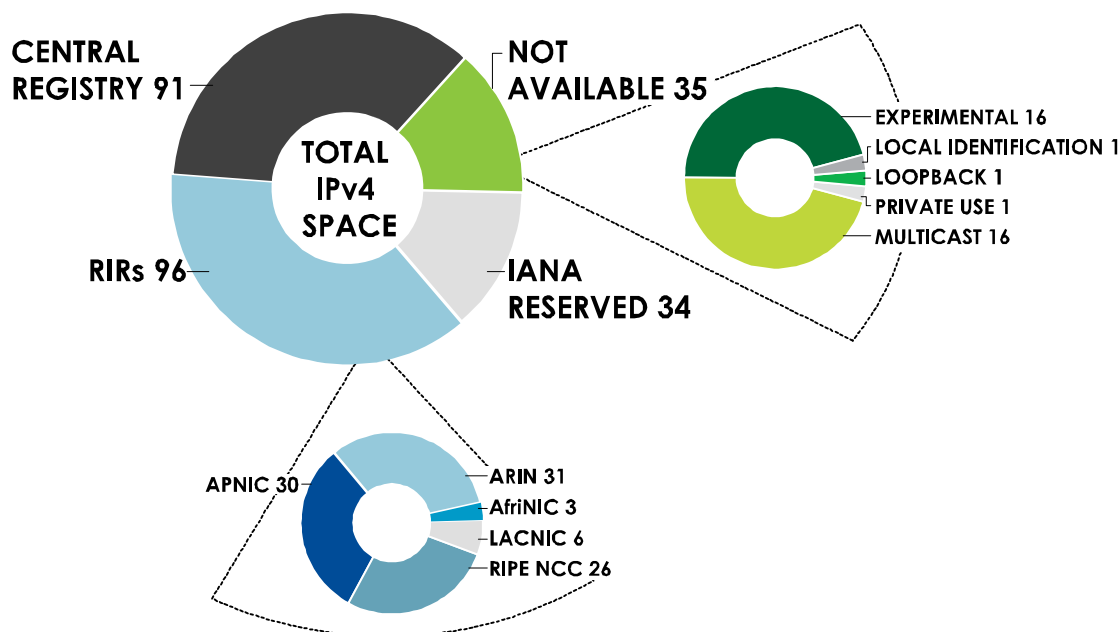
¹³ http://en.wikipedia.org/wiki/Local_Internet_registry





RIR et allocations des adresses aux utilisateurs finaux (source : RIPE et IANA)

La très grande majorité des adresses d'IPv4 sont aujourd'hui attribuées. Fin décembre 2008, l'IANA ne disposait plus que de 13 % du «stock» total d'adresses. Des estimations largement citées et fréquemment mises à jour prévoient que les adresses IANA qui n'ont pas encore été attribuées seraient épuisées en 2010 ou en 2011¹⁴. Après cette échéance, les nouveaux utilisateurs finaux pourront néanmoins obtenir des adresses de leur Fournisseur d'accès Internet (FAI) pendant un certain temps, mais avec une difficulté croissante.



Etat de la consommation des adresses IPv4 12-2008 (source NRO)

L'internet continuera à fonctionner même lorsque l'IANA et les RIR ne pourront plus attribuer d'adresses IPv4. Les adresses déjà attribuées resteront utilisables et elles continueront sans doute à être employées pendant longtemps. Toutefois, en l'absence d'une solution appropriée, la croissance

¹⁴ <http://www.potaroo.net/tools/ipv4/index.html>
<http://www.tndh.net/~tony/ietf/ipv4-poolcombined-view.pdf>



et la capacité d'innovation des réseaux IP seront entravées. La gestion de cette transition fait actuellement l'objet de discussions au sein de la communauté de l'internet en général et à l'intérieur et entre les communautés des RIR en particulier. Tous les RIR ont récemment fait des déclarations publiques en faveur d'une adoption rapide d'IPv6.

Les inquiétudes quant à la pénurie future d'adresses IP ne sont pas nouvelles. Aux débuts de l'internet, avant la mise en place des RIR et le décollage du web, les adresses étaient attribuées de manière relativement généreuse, au point qu'il y a eu un risque de pénurie rapide d'adresses. Par conséquent, la politique d'attribution et les dispositifs techniques ont été modifiés afin de mieux faire correspondre les attributions aux besoins réels.

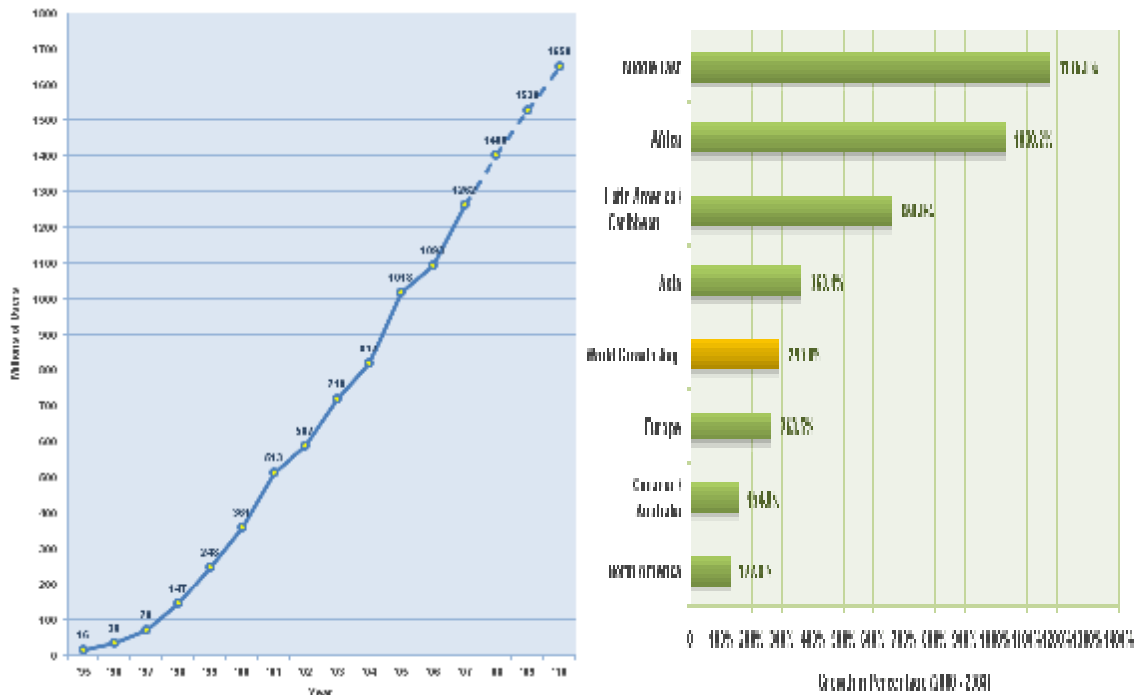
L'une des technologies clés d'IPv4 est la «traduction d'adresse réseau» (Network Address Translation ou NAT)¹⁵. Un appareil NAT connecte un réseau privé (de particulier ou d'entreprise) utilisant des adresses privées avec l'internet public, qui nécessite l'emploi d'adresses IP publiques. Les adresses privées proviennent d'une section particulière de l'espace d'adresses, réservée à cet usage. L'appareil NAT fait office de passerelle entre le réseau privé et l'internet public en traduisant les adresses privées en adresses publiques. Cette technologie réduit donc la consommation d'adresses IPv4. Elle présente toutefois deux inconvénients principaux:

- elle empêche les communications directes d'appareil à appareil: des systèmes intermédiaires sont nécessaires pour permettre aux appareils et aux dispositifs utilisant des adresses privées de communiquer via l'internet public;
- elle ajoute un niveau de complexité. En effet, il résulte de son utilisation deux catégories distinctes d'ordinateurs: ceux qui disposent d'une adresse publique, et ceux qui disposent d'une adresse privée. Les coûts de conception et de maintenance des réseaux ainsi que de développement et des applications en sont souvent augmentés.

D'autres mesures pourraient permettre d'accroître la disponibilité d'adresses IPv4. Un marché d'échange d'adresses IPv4 pourrait apparaître afin d'inciter les organisations à vendre les adresses qu'elles n'utilisent pas. Toutefois, les adresses IP ne sont pas des biens à proprement parler. Elles doivent être universellement acceptables afin d'être universellement accessibles, ce que le vendeur ne peut pas toujours garantir. En outre, elles pourraient devenir des ressources très onéreuses. Jusqu'à présent, les RIR ont exprimé des réserves quant à l'émergence d'un tel marché secondaire.

¹⁵ <http://www.ietf.org/rfc/rfc2663.txt>





Utilisateurs internet dans le monde et pourcentage de croissance (source *internetworldstats*)

Une autre option consisterait à tenter de récupérer activement les blocs d'adresses déjà attribués mais qui sont sous-utilisés. Toutefois, il n'existe apparemment pas de mécanisme permettant d'obliger à «rendre» ces adresses. Le coût possible de telles mesures doit être mis en balance avec la durée de vie supplémentaire de la réserve d'adresses de l'IANA qu'elles permettraient d'obtenir¹⁶.

De telles mesures offriraient un répit provisoire, mais tôt ou tard, la demande d'adresses IP deviendra trop importante pour que l'ensemble des adresses IPv4 puisse la satisfaire. Les efforts entrepris pour prolonger à outrance l'utilisation d'IPv4 risquent d'entraîner une complexité inutile et de fragmenter l'internet dans son ensemble. Par conséquent, il est préférable de mettre en œuvre IPv6 le plus rapidement possible.

Opportunités et avantages

IPv6 représente une solution simple et à long terme au problème de l'espace d'adresses. Le nombre d'adresses que le protocole IPv6 permet de définir est énorme¹⁷. IPv6 permet à tous les utilisateurs finaux, à tous les opérateurs de réseau (y compris ceux passant aux réseaux de prochaine génération entièrement basés sur IP) et à toutes les organisations du monde de disposer d'autant d'adresses IP que nécessaire pour connecter directement à l'internet tous les appareils et tous les dispositifs possibles.

Les objectifs principaux de ce nouveau protocole furent de :

- Supporter des milliards d'ordinateurs, en se libérant de l'inefficacité de l'espace des adresses IP actuelles,
- Réduire la taille des tables de routage,
- Simplifier le protocole, pour permettre aux routeurs de router les datagrammes plus rapidement,
- Fournir une meilleure sécurité (authentification et confidentialité) que l'actuel protocole IP,

¹⁶ La libération d'un bloc aussi grand que ceux actuellement attribués aux RIR par l'IANA ne reporterait l'échéance finale que d'environ trois semaines.

¹⁷ Ce nombre est de $3,4 \times 10^{38}$



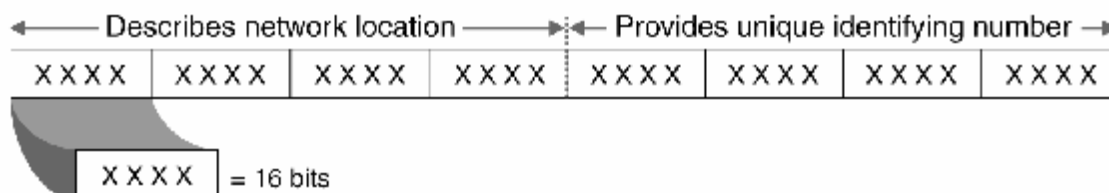
- Accorder plus d'attention au type de service, et notamment aux services associés au trafic temps réel,
- Faciliter la diffusion multidestinataire en permettant de spécifier l'envergure,
- Donner la possibilité à un ordinateur de se déplacer sans changer son adresse,
- Permettre au protocole une évolution future,
- Accorder à l'ancien et au nouveau protocole une coexistence pacifique.

32-bit IPv4 address



(Resulting in approximately 4×10^9 unique IP addresses)

128-bit IPv6 address



(Resulting in approximately 3.4×10^{38} unique IP addresses)

Source: GAO.

Comparaison entre IPv4 et Ipv6 (source : GAO)

C'est donc lorsqu'on cherche à relier simplement en réseau un grand nombre d'appareils ou de dispositifs et que ceux-ci doivent pouvoir être visibles et directement accessibles depuis l'internet que les avantages d'IPv6 sont les plus manifestes. Une étude financée par la Commission Européenne¹⁸ a montré l'intérêt d'IPv6 pour un certain nombre de segments de marché, notamment les réseaux domestiques, la gestion des bâtiments, les communications mobiles, les secteurs de la défense et de la sécurité et l'industrie automobile.

Une adoption rapide et efficace d'IPv6 permettrait d'innover et de bien se positionner ce qui concerne les progrès futurs de l'internet. D'autres régions, notamment l'Asie, s'intéressent d'ores et déjà fortement à IPv6. Ainsi, le secteur japonais de l'électronique grand public développe de plus en plus de produits IP conçus exclusivement pour IPv6. Les entreprises du monde arabe doivent par conséquent être prêtes à répondre à la demande future de services, d'applications et d'appareils basés sur IPv6 afin d'obtenir un avantage compétitif sur les marchés mondiaux.

Il n'est pas évident, actuellement, d'affirmer ce que pourrait être un Internet tirant parti des possibilités d'IPv6. Plusieurs caractéristiques de ce protocole pourraient susciter une vague d'applications et d'usages nouveaux : son nombre immense d'adresses publiques, ses mécanismes intégrés pour la sécurité, l'auto configuration des hôtes, leur mobilité d'un réseau à l'autre, et des possibilités d'extension prévues au sein même du protocole. L'abondance d'adresses publiques, en particulier, devrait entraîner une vague d'innovations en rétablissant le principe du bout-en-bout, la capacité de se connecter à un hôte depuis un point quelconque du réseau.

Débarassé des contraintes d'IPv4, un Internet v6 s'ouvrirait à d'autres applications. IPv6 rendrait possible les réseaux de capteurs à une échelle suffisante pour la gestion du trafic routier, la logistique

¹⁸ «Impact of IPv6 on Vertical Markets» (Incidence d'IPv6 sur les marchés verticaux), octobre 2007. http://ec.europa.eu/information_society/policy/ipv6/docs/short-report_en.pdf



des marchandises, les mesures de pollution, la diffusion d'alertes, la surveillance météo ou celle des séismes, etc. Sans la nécessité du NAT, les programmes de messagerie gagneraient en simplicité et en coût engendrés par des adaptations non standard et complexes, les terminaux mobiles pourraient avoir un accès direct et non restreint à Internet et être accessibles avec des protocoles P2P¹⁹, XMPP²⁰ ou SIP²¹.

Situation dans le monde arabe

Comparativement aux pays développés, les pays arabes se trouvent être en retard par rapport à l'adoption et l'implémentation de l'IPv6. Il y a lieu de pousser vers plusieurs efforts organisés et harmonisés autour de la question. Ceci étant, il est à noter que quelques initiatives ont déjà été entreprises :

- Publication des Articles dans les Mass médias
- Quelques informations de base sur l'existence du projet de transition et de disponibilité des ressources IP sur le site web des LIR
- Entreprise de télécommunication et transport des données : Assistance dans des séminaires et Forums de niveau International
- Initiatives de formation rares, quelques formations sont faites en collaboration avec le RIR «AFRINIC²², RIPE²³ et APNIC²⁴ ».
- Quelques études au niveau de la recherche académiques et scientifiques. Thèses de Doctorat et Projet de fin des études supérieurs dans le domaine des réseaux de télécom.

Aussi est-il important de mentionner que certains pays arabes sont plus avancés que d'autres pour ce qui est l'implémentation IPv6 :

- Egypte
 - Task Force ou commission Nationale : <http://ipv6tf.org.eg/>
 - Plateforme LAB et de recherche : oui
 - Plan de déploiement et transition : non
 - Formations et sensibilisation : oui
- Maroc
 - Task Force ou commission Nationale : <http://www.misoc.ma/>
 - Plateforme LAB et de recherche : Non
 - Plan de déploiement et transition : non
 - Formations et sensibilisation : oui
- Tunisie
 - Task Force ou commission Nationale : <http://www.ipv6net.tn> + commission nationale 2009
 - Plateforme LAB et de recherche : oui
 - Plan de déploiement et transition : non
 - Formations et sensibilisation : oui

¹⁹ <http://en.wikipedia.org/wiki/Peer-to-peer> : Peer to Peer typically used for connecting nodes via largely adhoc connections

²⁰ <http://www.ietf.org/rfc/rfc3921.txt> et <http://www.ietf.org/rfc/rfc3920.txt> : Extensible Messaging and Presence Protocol originally aimed at near-real-time, extensible instant messaging (IM)

²¹ <http://www.ietf.org/rfc/rfc3261.txt> : The Session Initiation Protocol (SIP) is a signalling protocol, widely used for setting up and tearing down multimedia communication sessions such as voice and video calls over the Internet.

²² <http://www.afrinic.net/>

²³ <http://www.ripe.net/>

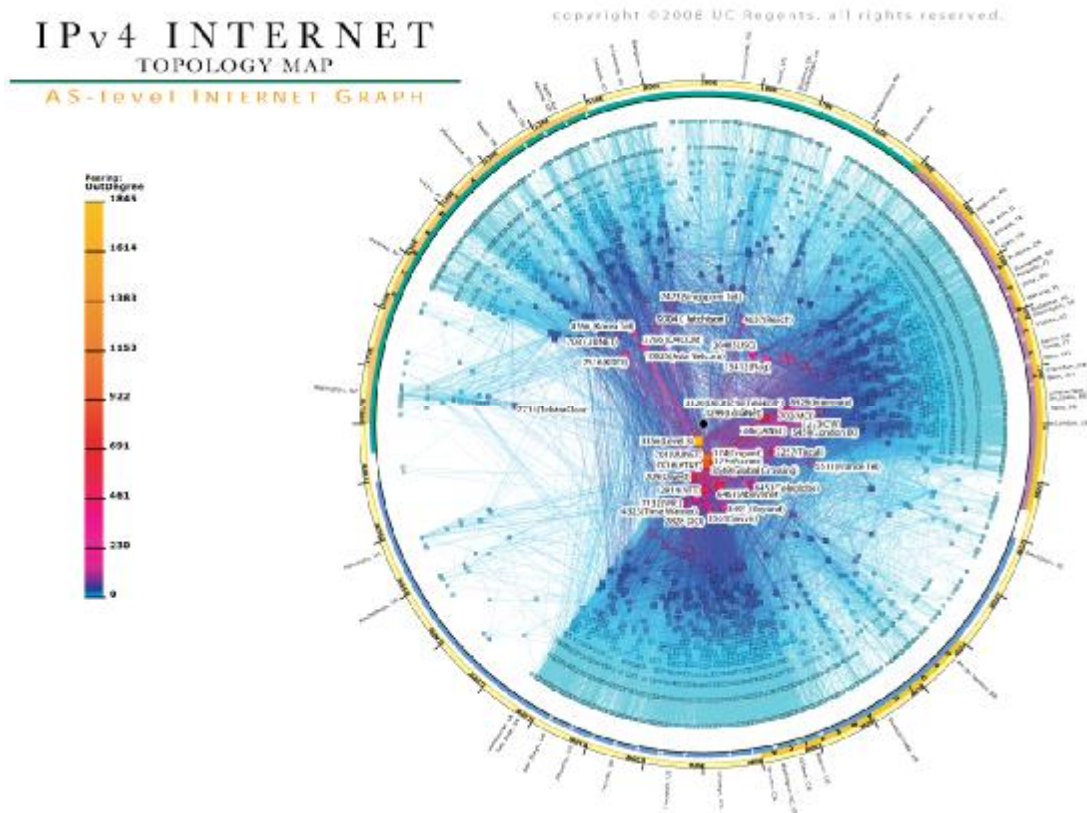
²⁴ <http://www.apnic.net/>



- UAE
 - Task Force ou commission Nationale : <http://www.uaeipv6.org/>
 - Plateforme LAB et de recherche : oui <http://www.ipv6.ae/>
 - Plan de déploiement et transition : non
 - Formations et sensibilisation : oui
- Arabie Saoudite
 - Task Force ou commission Nationale : <http://www.ipv6.org.sa>
 - Plateforme LAB et de recherche : oui
 - Plan de déploiement et transition : oui
 - Formations et sensibilisation : oui

Situation dans le monde

Plusieurs pays développés ont déjà entamé le déploiement de l'IPv6 à différents stades. Le tableau suivant montre que les connexions IPv4 sont extrêmement maillé autour d'un noyau très dense avec MCI / UUNET (devenu Verizon²⁵) en son centre. Les États-Unis ont, de loin, la plus grande densité de réseaux IPv4 (source : Caida.org)



Le tableau suivant montre que le nombre de connexions IPv6 est en constante augmentation pour atteindre une taille respectable. L'Europe en tête avec plus de 50% des connexions. Une comparaison de la forte densité de connectés IPv4 au monde de l'IPv6 témoigne de la volonté des réseaux non-US et de la possible domination de leurs services dans le futur.

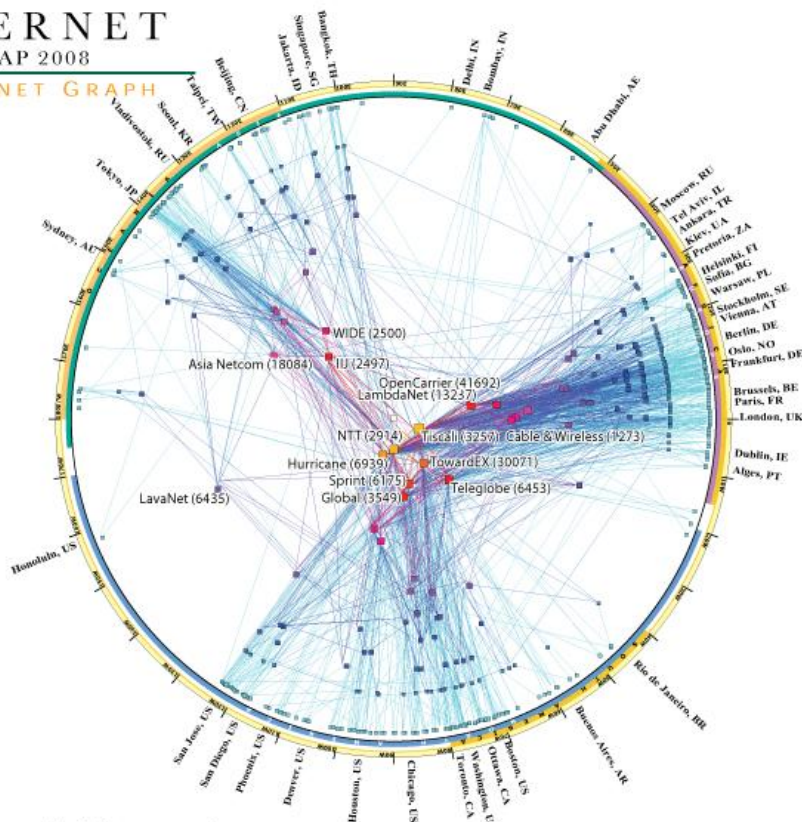
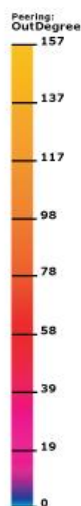
Cette visualisation macroscopique représente un instantané de l'Internet IPv6 topologie recueillies autour de 4 Janvier 2008. Les données ont été recueillies auprès de 56 sondes réparties sur 53 villes dans 9 pays et 3 continents (source : Caida.org)

²⁵ <http://www.verizonbusiness.com/>



IPv6 INTERNET TOPOLOGY MAP 2008

AS-level INTERNET GRAPH



copyright ©2008 UC Regents. all rights reserved.

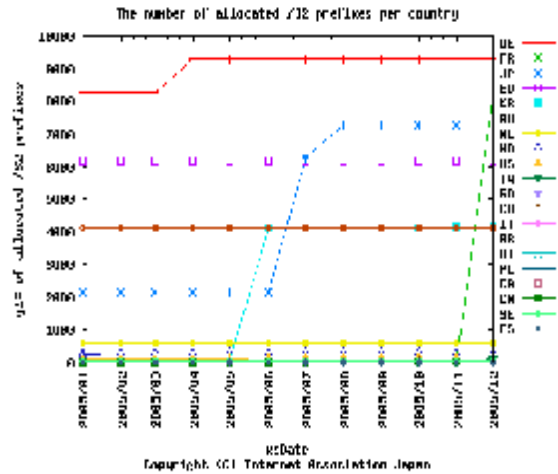
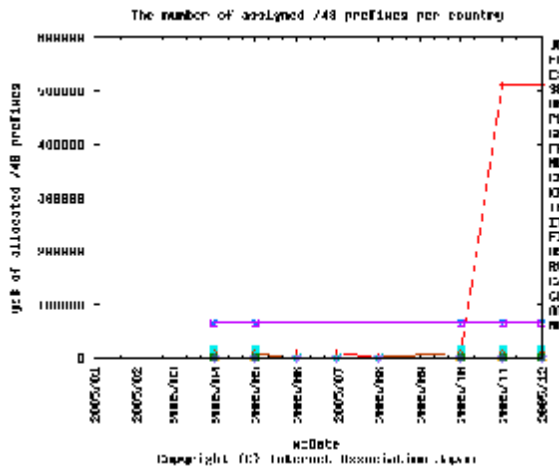
En comparaison avec IPv4, le graphique IPv6 est beaucoup moins drastique avec moins de nœuds et moins de richesse d'échange dans trafic observé. La répartition géographique du trafic diffère également. Bien que la majorité des fournisseurs de services Internet avec le plus grand flux en IPv4 sont tous situés aux États-Unis, la société, avec le plus « peering » IPv6 observé est la société japonaise NTT / Verio²⁶. Le plus grand groupe de nœuds IPv6 est en Europe (regroupés autour de Tiscali²⁷, dont le siège est en Allemagne) dans le graphique.

Dans l'adoption de l'IPv6, la première étape consiste à se lancer dans les processus des RIR pour obtenir une attribution d'IPv6. Des adresses IPv6 peuvent être obtenues et routées. Le nombre de préfixes alloués donne une indication du nombre d'organisations intéressées par l'implémentation du protocole IPv6. Les statistiques montrent que les marchés européen et asiatique ont commencé ou sont sur le point de commencer des déploiements à grande échelle de l'IPv6, tandis qu'en comparaison, à ce jour, les régions Amérique latine et Caraïbes et Afrique en sont plutôt restées à l'évaluation d'IPv6. Le graphiques suivants montrent le nombre de classes d'adresse allouées et le nombre de classés d'adresse assignés aux utilisateurs finaux par pays :

²⁶ <http://www.ntt.com/>

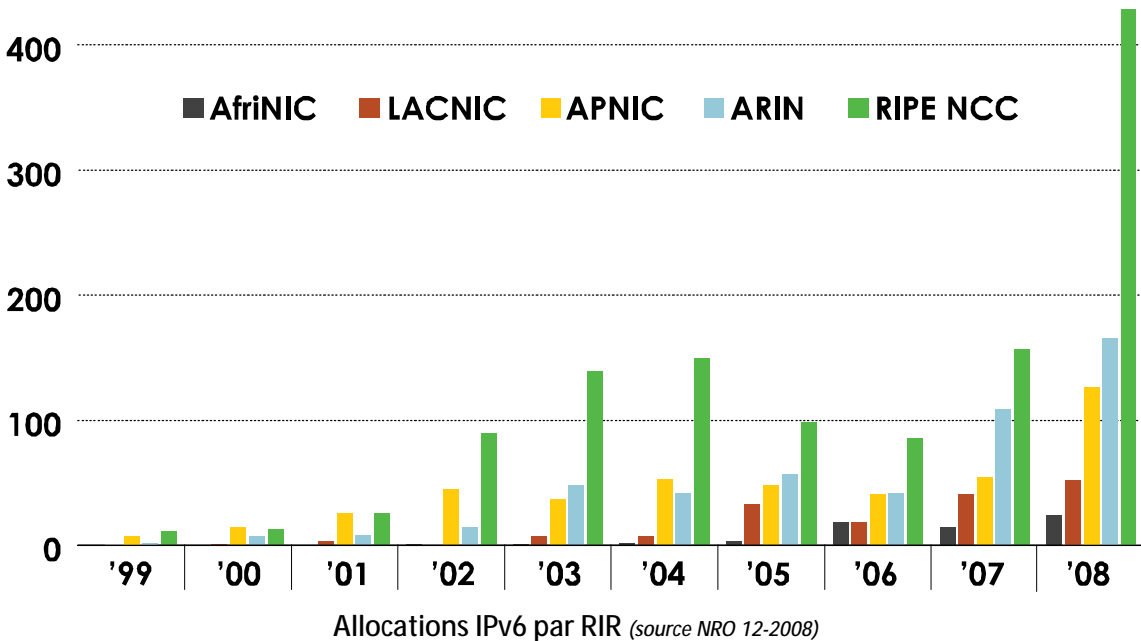
²⁷ <http://www.tiscali.com/>





Le Japon dispose déjà de plusieurs grands réseaux IPv6 commerciaux. Les informations des bases de données IP Whois²⁸ concernant l'attribution des registres montrent que les tailles les plus couramment enregistrées sont /40 et /48. Les tailles de préfixes les plus couramment annoncées sont /32 et /48. Le nombre de préfixes /48 dans les bases de données IP Whois constitue une indication de la fréquence d'utilisation de l'espace d'adresses IPv6 par les opérateurs, sachant que l'on parle des adresses IPv6 déjà attribuées aux utilisateurs finaux. Selon ce critère de mesure, le Japon arriverait en tête pour l'utilisation réelle des allocations d'espace IPv6, et de loin.

500 allocations



La demande en adresses IPv6 ne cesse de croître et surtout dans la région de service de RIPE qui sert essentiellement l'Europe.

²⁸ <http://www.ietf.org/rfc/rfc3912.txt> used for querying an official database in order to determine the owner of a domain name, an IP address, or an autonomous system number on the Internet



Orientations et enjeux du déploiement IPv6

La transition du protocole IPv4 vers IPv6 va se faire progressivement avec une longue période de cohabitation. Plusieurs solutions ont donc été développées pour :

- Assurer la communication entre des réseaux IPv4 et des réseaux IPv6
- Assurer la communication entre deux réseaux IPv6 éloignés en passant par le monde IPv4

Progressivement, la complexité de conserver un réseau IPv4 augmentera, alors que la mise en œuvre d'un réseau IPv6 deviendra de plus en plus simple. La multiplication des bulles IPv6 dans un monde principalement IPv4 conduira vers un monde IPv6 où subsisteront des "bulles" IPv4. Au fur et à mesure qu'IPv6 prendra de l'ampleur, la tendance s'inversera avec des bulles IPv4 restant dans un monde IPv6.

La transition en douceur de l'Internet vers l'IPv6 pose d'importants problèmes de politique publique, liés à l'incapacité prévisible de l'Internet actuel, fondé sur l'IPv4, de s'étendre de façon à créer des possibilités de nouvelles connexions et de nouveaux services. L'Internet devrait permettre de régler un certain nombre de problèmes, qu'il s'agisse de rendre possibles de nouveaux services, de relier ensemble de nouveaux types de dispositifs sans fil ou d'atteindre divers objectifs d'ordre économique ou social.

Orientations

Les gouvernements ont un rôle particulier à jouer pour faciliter la transition vers l'IPv6. La transition de l'Internet vers l'IPv6 aurait dû être bien plus avancée avant l'épuisement des adresses IPv4. Or, dans la plupart des pays et dans la plupart des entreprises, soit cette transition ne fait que commencer, soit rien de visible n'a encore été fait dans ce domaine.

Pour les réseaux en croissance, les trois options possibles une fois épuisé l'espace d'adresses IPv4 non attribuées sont les suivantes:

- i) déployer les NAT de façon plus dense
- ii) obtenir et déployer une infrastructure IPv4 supplémentaire, à condition de pouvoir exploiter les adresses préalablement attribuées, et
- iii) déployer l'IPv6.

Ces scénarios ne s'excluent pas l'un l'autre, et il y a des chances pour que ces trois options à la fois soient suivies, alors que l'épuisement du stock d'adresses non attribuées affectera les acteurs de différentes manières. Les spécialistes considèrent qu'à court terme, un déploiement plus dense des NAT sera la réponse inévitable à l'inquiétant épuisement du stock d'adresses IPv4. Ils indiquent également qu'avec la diminution des ressources disponibles, les acteurs devraient utiliser l'IPv4 d'une façon plus rentable, surtout quand l'obtention de ces ressources implique un coût. Les opérateurs peuvent donc avoir tendance à réduire leur utilisation de l'espace d'adresses publiques, de préférence en utilisant l'espace d'adresses privées et la NAT sous IPv4 et en même temps l'infrastructure IPv6 (non publique surtout) dans la mesure du possible²⁹. Un déploiement plus dense de la NAT implique le déploiement associé des architectures d'application multipartites qui assurent des opérations plus complexes pour créer des applications. Un déploiement de la NAT sans déploiement concomitant de l'IPv6 entraînerait de sévères restrictions des possibilités de croissance de l'Internet.

Il est probable que tous les administrateurs de réseaux se retrouveront finalement confrontés à la tâche de créer un plan pour migrer de l'IPv4 à l'IPv6. Le délai dans lequel cette tâche sera accomplie et l'infrastructure actuelle auront un impact significatif sur la façon dont se feront les migrations. Les instruments et les méthodes dont auront besoin ceux qui adopteront l'IPv6 rapidement ne seront

²⁹ <http://www.potaroo.net/ispcol/2007-08/dualstack.html>



pas les mêmes que ceux dont auront besoin les autres, car les premiers auront davantage besoin de réaliser des échanges avec les réseaux sous IPv4 sur une grande échelle. Les autres, au contraire, auront sans doute la possibilité d'implémenter plus directement une infrastructure IPv6 native. Cependant, de l'avis des spécialistes, si l'on attend le dernier moment pour adopter l'IPv6, le déploiement de l'IPv6 risque de se faire dans l'urgence et dans des conditions potentiellement instables.

Les moyens mis en œuvre pour cette transition dépendront d'un certain nombre de facteurs : la quantité d'espace d'adressage IPv4, la vitesse du déploiement, les offres de services et le support applicatif³⁰. Les organisations disposant d'un grand nombre d'adresses IPv4 publiques pourront recourir à une approche en termes de double pile, tandis que les autres auront besoin de recourir à des mécanismes adaptés à une infrastructure interne IPv6 seulement³¹. Pour les organisations qui envisagent de procéder à des tests et à ne migrer vers l'IPv6 que de façon progressive, les systèmes de « tunnelisation » peuvent être la méthode la plus appropriée. Les organisations dont le FAI propose la connectivité IPv6 native peuvent utiliser un certain nombre d'outils, tandis que les autres n'ont pas autant de possibilités. Dans tous les cas, la future transition vers l'IPv6 doit être préparée dans l'infrastructure et dans le schéma d'application d'aujourd'hui.

³⁰ M. Mackay, C. Edwards, M. Dunmore, T. Chown et G. Carvalho, A Scenario-Based Review of IPv6 Transition Tools, pg. 27, IEEE Computer Society, mai-juin 2003.

³¹ Comme NAT-PT ou ISATAP. Il est possible également de faire fonctionner en parallèle des réseaux utilisant l'IPv6, l'IPv4 et la NAT



Comparaison des orientations possibles pour faire face à l'épuisement des adresses IPv4

	MOINS D'ADRESSES IPV4 & PLUS DE NAT	ÉCHANGES D'ADRESSES IPV4	TRANSITION VERS L'IPV6
Impact initial sur les configurations des réseaux	Nécessiterait des dispositifs supplémentaires et du matériel	Nécessité de revoir les configurations	L'équipement existant peut continuer d'être utilisé dans un premier temps
On ignore si les configurations devront être revues	Des matériels devront être ajoutés et d'autres devront être mis à niveau	Nécessité de changer entièrement les configurations des réseaux Impact sur les utilisateurs	Difficulté pour les utilisateurs de communiquer directement (par exemple applications poste à poste)
Interférences probables lorsque plusieurs utilisateurs se servent des mêmes adresses IPv4 privées	Nécessité de faire en sorte que les registres disposent d'une information à jour sur l'utilisation des blocs IPv4	Certains matériels et certaines applications devront être mis à jour ou modifiés	Utilisation non limitée Impact sur l'activité
Même s'il existe un important savoir-faire opérationnel, on ignore si cette option sera viable pour les grands réseaux	Avec les adresses IPv4 mobiles, la gestion des adresses continuera d'être de plus en plus difficile	Nécessiterait des routeurs de plus grande dimension et plus chers (les requêtes pour les plus grands routeurs ne peuvent pas toujours être supportées)	Insuffisance actuelle de techniciens et de savoir-faire
De nouvelles solutions seront nécessaires pour permettre les communications entre l'IPv4 et l'IPv6 Coûts	Les coûts de démarrage seront relativement réduits (cependant, si le nombre d'utilisateurs augmente de façon significative, d'importants investissements pourront être nécessaires)	Les coûts d'exploitation augmenteront (dans une proportion qu'on ignore)	Faibles coûts initiaux
Coûts d'exploitation potentiellement très élevés	Coûts de transition importants pour pouvoir transférer les adresses IPv4	Les coûts de démarrage seront importants	Les coûts d'exploitation augmenteront à court terme car des opérations sous IPv4 et sous IPv6 seront nécessaires Viabilité
La NAT est déjà très couramment utilisée, et 170 millions de nouvelles adresses IP chaque année sont toujours nécessaires	Limitée car certains nœuds et certains serveurs ne peuvent fonctionner qu'avec des adresses uniques	Cette option n'est pas adaptée à une demande de communications directes en bout à bout	Largement considérée comme une solution à court terme
Mesure à court terme (offre limitée)	Les attributaires d'adresses pré-attribuées doivent faire partie d'un marché pour que ce soit viable	Implique un grand changement au niveau de la fonction de gestion des adresses	Solution à long terme

Source : OCDE (2008), d'après Bureau des Télécommunications, Ministère des Affaires Intérieures et de la Communication, décembre 2007, Japon.



D'après certains spécialistes, ce qui est en jeu, ce sont la continuité de l'activité des entreprises et les possibilités d'évolution de l'Internet, sachant que toute organisation utilisant des adresses IP dans le cadre de son processus de croissance sera affectée et sachant que la traduction d'adresses réseau (NAT) n'est pas très bien adaptée à cette évolution.

Enjeux de l'IPv6

Les gouvernements ont un important rôle à jouer en tant que principaux consommateurs de produits et services sous IP. Comme toutes les autres parties concernées, les gouvernements ont un besoin permanent d'adresses pour soutenir la croissance en taille et en diversité des services publics qu'ils assurent en ligne et pour permettre l'évolution de leurs réseaux internes. Prévoir d'adopter l'IPv6 répond donc pour les gouvernements à un besoin stratégique lié à la croissance future des services qu'ils offrent et à leur fonctionnement. Le Japon, la Corée, les États-Unis et la Chine sont en train d'opérer la transition de leurs réseaux et services d'administration électronique. L'Australie et plusieurs pays d'Europe sont aussi en train de lancer des projets de transition du secteur public. Le maître mot pour réussir est la planification.

Pourquoi planifier dès maintenant la transition vers l'IPv6 ?³²

Il existe plusieurs raisons de commencer le processus de planification et de ne pas l'interrompre tant que le secteur et d'autres pressions externes suscitent des risques et des coûts supplémentaires.

1. Le risque qu'une mise en place de systèmes IPv6 non préparée et non contrôlée sur les réseaux gouvernementaux entraîne des carences et des pertes au niveau des capacités de prestation de services.
2. Le risque que la pénurie de compétences dans le domaine des TIC et en particulier dans le domaine de l'IPv6 devienne telle que les pouvoirs publics ne soient plus en mesure de faire concurrence au secteur privé en matière de personnel technique et administratif qualifié.
3. Les opportunités de prestations de services plus étendues, notamment dans les secteurs de la santé, de l'environnement et des transports, qu'engendrera l'IPv6 grâce aux diverses possibilités de mesure du milieu ambiant et de traçage qu'elle ouvre dans divers domaines.
4. Le fait qu'un certain nombre d'autres pays, notamment les États-Unis, le Japon, la Corée, l'Australie et un certain nombre de pays d'Europe soient tous en train de suivre cette voie.
5. Le risque que le coût d'un passage à l'IPv6 au moment où ce secteur et les fournisseurs mèneront le marché soit significativement plus élevé que si des phases de planification et de transition se succèdent dans un contexte de progrès contrôlé.

Les considérations économiques du point de vue d'organisations individuelles

Les enjeux économiques suivants sont à considérer pour les sociétés :

- Continuité de service : le déploiement d'IPv6 prenant du temps, la planification des besoins d'adressage IP dans les années à venir peut permettre aux organisations de concevoir et de mettre en œuvre des stratégies optimisées pour préserver la croissance et la continuité de service après l'épuisement des adresses IPv4.
- Les coûts de mise en œuvre : Les coûts de mise en œuvre d'IPv6 varient considérablement selon les plans de déploiement ; en fonction par exemple du choix d'un déploiement mené

³² Source : D'après A Strategy for the Transition to IPv6 for Australian Government agencies, Building Capacity for Future Innovation, AGIMO, October 2007

par des équipes internes ou externes, l'échange de trafic, le transit, les types de DNS³³, les types de services Web, les types de services hébergés, etc.). Les experts estiment qu'à moyen ou à long terme, IPv6 permettra de réduire les dépenses opérationnelles d'administration de réseaux. Mais dans les premières phases de mise en œuvre d'IPv6, les capitaux mobilisés et les dépenses de fonctionnement augmenteront pour les raisons suivantes:

- La formation interne et le perfectionnement des compétences.
 - Les coûts additionnels engendrés par un fonctionnement en double-pile (interopérabilité) et
 - Le risque d'absence de compétences et de préparation des fournisseurs et des services de back-office, ainsi que les risques d'augmentation des coûts du matériel et des coûts de trafic.
- Présence initiale d'externalités négatives: Dans un premier temps, les acteurs économiques supportant le coût des NATs ne seront pas nécessairement obligés d'investir dans le déploiement d'IPv6. Avec le temps, ces externalités négatives devraient céder la place à des effets de réseau (positifs) pour ceux ayant investi antérieurement et étant donc prêt à l'accélération de l'adoption, dès qu'une masse critique se sera formée.
 - La connectivité universelle qu'assure Internet : les experts prévoient qu'IPv6 deviendra critique pour la continuité de la connectivité universelle qu'assure Internet et qui est dans l'intérêt de nombreuses organisations.
 - Pérennité et demande croissante d'adresses IP : IPv6 peut apporter une réserve d'adresses IP pour répondre à la croissance des entreprises, par exemple pour que les opérateurs de téléphonie mobile puissent proposer l'accès continu à Internet via des appareils mobiles, ou pour que les prestataires de services aient des adresses IP en nombre suffisant afin de proposer des services triple play³⁴.
 - Applications et services innovants : IPv6 permet de nouveaux services qui ne peuvent être mis en place avec IPv4, par exemple des réseaux de capteurs innombrables accessibles à distance et une plus grande facilité de communication de machine à machine.
 - Avantage concurrentiel : le savoir-faire acquis en matière d'IPv6 est susceptible d'apporter un avantage concurrentiel dans certains secteurs industriels.

Considérations économiques à prendre en compte du point de vue des politiques publiques

Les enjeux économiques suivants sont à considérer au niveau des gouvernements :

- Plate-forme pour l'innovation : IPv6 apporte une plate-forme pour l'innovation dans les produits et services liés à Internet, pour répondre à moyen et à long terme à des exigences de plus en plus mobiles, sans fil et un réseau Internet qui devient omniprésent.
- Croissance et concurrence : IPv6 est nécessaire afin qu'émerge un environnement économique capable de soutenir une croissance forte et pérenne de l'économie numérique, favorisant la concurrence entre les acteurs et assurant l'ouverture aux nouveaux entrants.
- Avantage concurrentiel : Le savoir-faire en matière d'IPv6 deviendra probablement un élément essentiel pour qu'une économie maintienne sa position concurrentielle dans le secteur des technologies.

³³ <http://www.ietf.org/rfc/rfc1034.txt> : The Domain Name System (DNS) is a hierarchical naming system for computers, services, or any resource participating in the Internet.

³⁴ the triple play service is a marketing term for the provisioning of the two broadband services, high-speed Internet access and television, and one narrowband service, telephone, over a single broadband connection



IPv6 et retour sur investissement et coûts

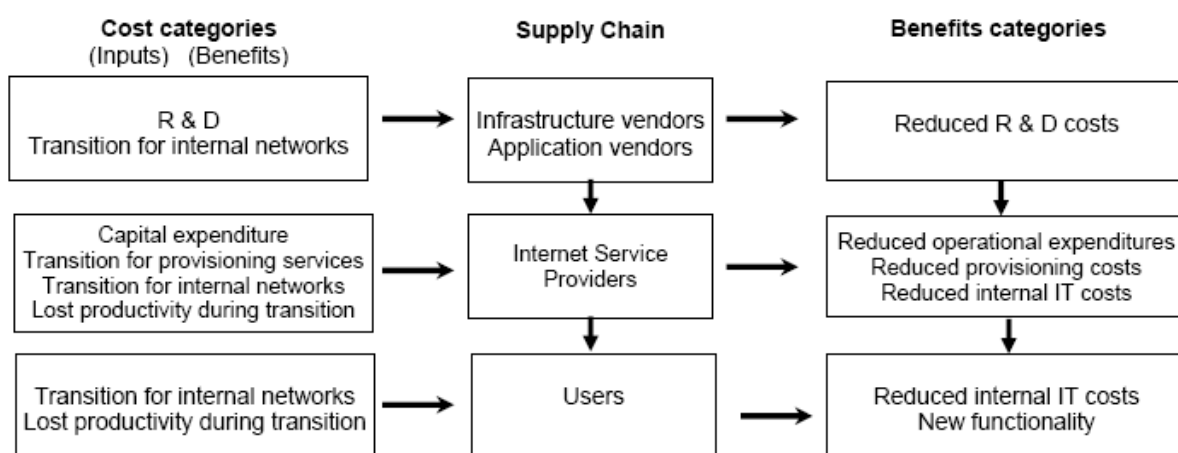
L'Institut national américain des normes et de la technologie (NIST)³⁵ du département du Commerce Américain (DoC)³⁶ a publié la première étude³⁷ indépendante de la dynamique des marchés émergents IPv6, en mettant l'accent sur le retour sur investissement lors de la transition vers IPv6. Le rapport conclut que l'IPv6 permettra de créer un marché de services de 25 milliards de dollars au cours du prochain quart de siècle, la génération de 10 milliards de dollars d'économies chaque année. Chaque dollar investi, génère 10 dollars en économie de coûts.

En termes d'économies, L'IPv6 simplifie certaines fonctions d'administration de réseau grâce à un en-tête simplifié permettant de rendre le routage plus efficace, grâce à l'auto-configuration sans serveur, à une renumérotation plus facile, à un support immédiatement utilisable amélioré et à un support multicast renforcé avec davantage d'adresses.

Les intéressés sont susceptibles de déployer l'IPv6 lorsque le rapport coût/bénéfice, compte tenu des effets de réseau, le justifie. Les gros consommateurs d'adresses, confrontés à des coûts non prédictibles pour l'obtention des ressources, accéléreront probablement leurs projets de déploiement de l'IPv6 au niveau de leur infrastructure interne dans la mesure du possible, et ils utiliseront de l'espace d'adresses IPv4 privées en complément, ce qui permettra de récupérer les adresses IPv4 publiques utilisées pour leur infrastructure interne et de les réattribuer. Par ailleurs, il deviendra de plus en plus difficile et de plus en plus coûteux d'obtenir de nouveaux espaces d'adresses IPv4 pour la croissance des réseaux, et le coût et la complexité de la consignation et de la gestion de l'espace d'adresses IPv4 restant augmenteront aussi.

Il peut donc y avoir des avantages stratégiques à éviter les coûts d'opportunité ou les coûts variables de l'IPv4 et du recours croissant aux NAT. Les décisions d'adoption seront prises par de nombreux et divers agents (par exemple fournisseurs d'infrastructure, fournisseurs de logiciels, FAI et utilisateurs) en fonction des coûts et des bénéfices qu'ils anticiperont pour leur activité. Comme cela a été mentionné précédemment, les FAI peuvent décider d'implémenter l'IPv6 dans leurs réseaux internes si la réduction des dépenses d'exploitation (courantes ou prévisionnelles) leur paraît devenir supérieure à la dépense de capital nécessaire pour continuer à utiliser l'IPv4 et recourir davantage aux NAT. Il importe de remarquer que même dans un tel cas de figure, la fourniture de services externes de connectivité IPv4 et le fonctionnement en double pile continuent d'être envisagés.

La chaîne de l'offre, les coûts et les bénéfices



Source : OCDE d'après RTI, IPv6 Economic Impact Assessment, National Institute of Standards & Technology, octobre 2005.

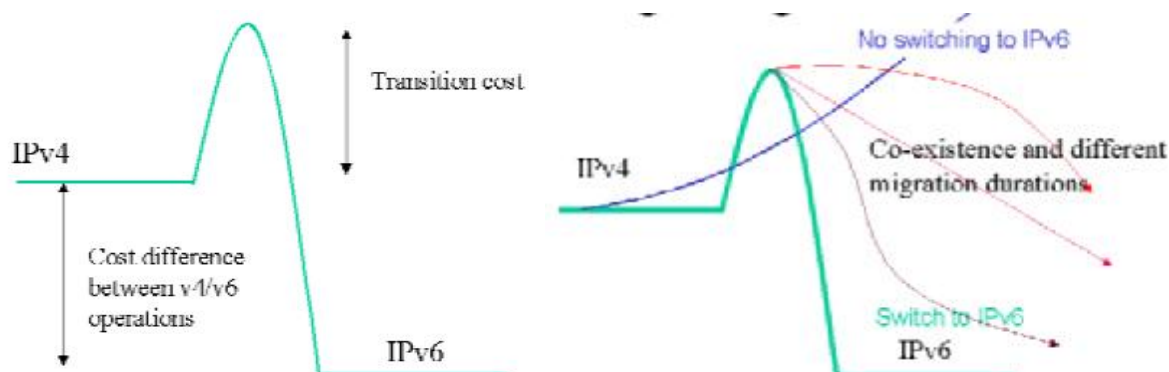
³⁵ <http://www.nist.gov>

³⁶ <http://www.commerce.gov>

³⁷ <http://www.nist.gov/director/prog-ofc/report05-2.pdf>



Certains experts affirment que le coût de migration ne peut guère être le facteur déterminant dans le calcul de retour sur investissement, car ils sont liés à toute technologie évolutive³⁸; en outre, à partir d'une perspective historique, IPv4 a également eu cette migration et les coûts de remplacement, qui ne sont pas moins que pour IPv6. Certaines préfèrent utiliser le double mot « d'intégration et de coexistence » au lieu de « migration », faisant allusion à la possibilité de conserver et de faire de l'argent de l'investissement actuel, tout en investissant dans une nouvelle technologie basée sur IPv6 pour créer de nouveaux flux de revenus.



Coûts de la migration IPv4/v6 (source : <http://repub.eur.nl/publications/index/894533906/>)

Selon les estimations de RTI³⁹, pour l'ensemble des parties concernées, le coût global (année de référence 2005) de la transition vers l'IPv6 aux États-Unis devrait représenter environ USD 25 milliards, un coût qui sera supporté essentiellement sur la période comprise entre 1997 et 2025. Le coût prévisionnel le plus élevé concerne l'année 2007 et représente USD 8 milliards. Aux États-Unis, toujours selon les estimations de RTI, les coûts de la transition vers l'IPv6 devraient être supportés essentiellement par les utilisateurs (environ 92 %), les FAI et les fournisseurs n'en supportant respectivement que 0.5 et 8 %.

Distribution des coûts de transition vers l'IPv6 pour les utilisateurs

	Répartition du total des coûts de transition
Catégorie	Coûts pour le réseau interne
Logiciel de gestion du réseau (mise à niveau)	18 %
Test du réseau	17.6 %
Processus d'installation	24 %
Maintien du niveau de performance du réseau	16 %
Formation (commerciaux, marketing et techniciens)	24.4 %

Le total des pourcentages donne 100 % et représente la répartition de l'ensemble des coûts du passage à l'IPv6 pour les utilisateurs.
Source : RTI International, 2005

Bonnes pratiques pour réussir le déploiement IPv6

Le monde Arabe doit se fixer l'objectif d'une large mise en œuvre d'IPv6 d'ici 2011. En pratique, au moins 25 % des utilisateurs devront pouvoir se connecter à l'internet IPv6 et accéder à leurs principaux fournisseurs de contenus et de services sans constater de différence importante par rapport à IPv4.

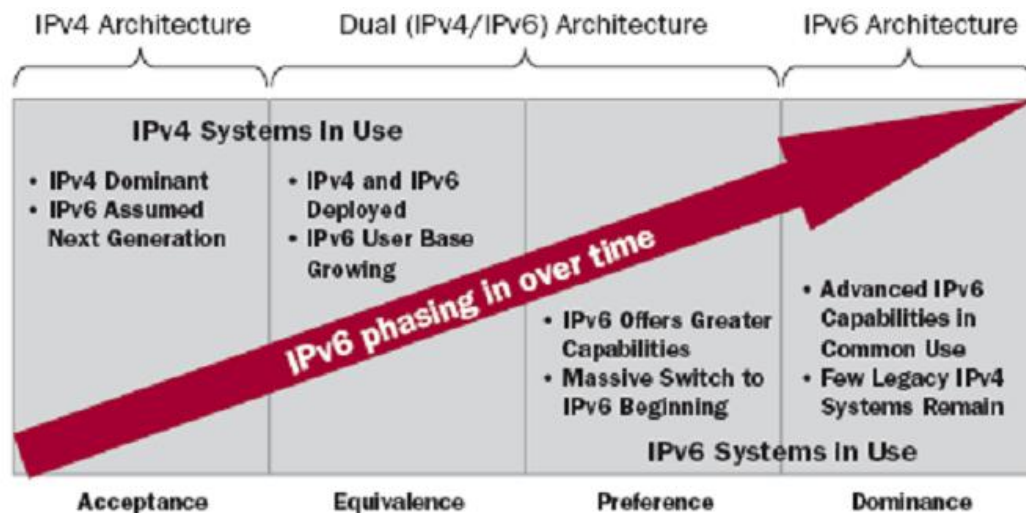
La quantité et la nature des efforts à déployer pour adopter IPv6 diffèrent selon les acteurs et dépendent de chaque cas particulier. De ce fait, il est pratiquement impossible d'évaluer de manière

³⁸ <http://publishing.eur.nl/ir/repub/asset/245/ERS-2002-079-LIS.psd>

³⁹ <http://www.rti.org/>



fiable le coût total de l'introduction d'IPv6⁴⁰ dans le monde entier. L'expérience acquise lors de la réalisation de projets montre que les coûts peuvent être maîtrisés à condition que le déploiement soit progressif et planifié. Il est recommandé d'introduire IPv6 étape par étape, notamment à l'occasion de mises à jour de logiciels et d'équipements, de changements dans l'organisation et de mesures de formation (qui peuvent sembler sans rapport avec IPv6 a priori). Afin d'exploiter pleinement ces synergies, l'ensemble de l'organisation doit être sensibilisée au problème. En effet, les coûts seront nettement plus élevés si IPv6 est introduit en tant que projet distinct et avec des contraintes de temps.



Approche en phase par phase pour le déploiement IPv6

IPv6 sera introduit aux côtés des réseaux IPv4 existants. Les normes et les technologies permettent une adoption progressive d'IPv6 par les diverses parties concernées, ce qui aidera à maîtriser les coûts. Les utilisateurs peuvent employer des applications IPv6 et produire du trafic IPv6 sans attendre que leur FAI leur propose une connexion IPv6. Les FAI peuvent accroître leurs capacités IPv6 et proposer ces capacités en fonction de la demande constatée.

Il est difficile de déclencher un mouvement collectif pour la mise en œuvre d'IPv6 car les parties intéressées ne peuvent se fonder sur les décisions de tiers. Dans cette situation, beaucoup de parties intéressées adoptent une position attentiste en ce qui concerne IPv6, ou préfèrent se rabattre sur des solutions IPv4 éprouvées. En conséquence de ce qui précède, le rythme de l'adoption d'IPv6 est trop lent, comme déjà mentionné. Dans une telle situation, le marché, par des mesures appropriées, peut encourager les personnes et les organisations concernées à s'engager dans le sens voulu. Ces mesures s'inscrivent sous les volets suivants :

Décisionnel

Les mesures décisionnelles servent à concrétiser une volonté politico-économique pour déployer IPv6 à une échelle nationale. Les actions qui peuvent être entreprises sont :

1. Création de taskforce⁴¹ et / ou une commission nationale dont le but est d'orchestrer le déploiement à l'échelle de chaque pays le déploiement d'IPv6. Cette taskforce sera un point de relais entre les différentes parties prenantes et sera aussi garante de la réussite du projet.

⁴⁰ <http://www.nist.gov/director/prog-ofc/report05-2.pdf>

⁴¹ <http://en.wikipedia.org/wiki/Taskforce> : a special committee, usually of experts, formed expressly for the purpose of studying a particular problem. The task force usually performs some sort of an audit to assess the current situation, then draws up a list of all the current problems present and evaluates which ones merit fixing and which ones are actually fixable



2. Création d'un centre d'excellence et de formation tous niveaux pour IPv6 : le capital humain étant très important dans toutes les phases de projet, ce centre d'excellence permettra de transmettre le savoir faire nécessaire aux équipes techniques et administratives.
3. Recommandations pour la passation de marchés équipements informatiques et télécoms dans une première phase pour la prise en charge d'IPv6 : dans une optique de minimiser les coûts de travaux évitables.
4. Obligation d'exiger la prise en charge d'IPv6 au niveau de la passation de marchés publics et recommandations pour le secteur privé dans une deuxième phase.

Réglementaire

Mettre en œuvre les mécanismes nécessaires en vue de sensibiliser le législateur à l'existence de ce nouveau protocole pour qu'il soit pris en compte d'un point de vue légal, et pour s'assurer de la non dérogation aux droits de la vie privés.

Sensibilisation

Un rôle important des gouvernements consiste à participer à la sensibilisation et à aider à minimiser les barrières éventuelles, en complément des initiatives actuelles des acteurs du secteur privé. La sensibilisation croissante à ce problème imminent a commencé dans tous les forums sur la numérotation technique, chez un certain nombre de professionnels de la normalisation ainsi que chez les opérateurs de réseaux. Des efforts significativement étendus sont nécessaires pour que tous ceux qui dépendent des adresses IP, à commencer par les Registres Internet locaux, soit bien conscients de la saturation prochaine des adresses IPv4 non attribuées, du rythme auquel elle va avoir lieu et de ses impacts probables. Alors qu'existe un certain nombre de ressources pour la diffusion d'information aux administrateurs de réseaux, davantage de ressources devraient être étendues, accessibles aux utilisateurs et globales, afin qu'elles puissent être appréhendées par l'ensemble des parties impliquées dans l'économie de l'Internet : des gouvernements aux spécialistes techniques en passant par les dirigeants des entreprises et autres décideurs économiques. Les points suivants sont à prendre en compte :

1. Journées de vulgarisation de l'accès en IPv6
2. Journées techniques pour les opérateurs et les FSI
3. Journée informationnelles à l'attention des acteurs dans le secteur privé orientées par chaque secteur
4. Workshops techniques débutants et avancés sur IPv6
5. Création de projets pilotes avec la communauté de recherche et scientifique
6. Création de projets pilotes avec de les structures représentant chaque corps de métier
7. Sites web informationnel fédérateur et espace de partage d'expérience autour d'IPv6 (Knowledge base⁴²)
8. Mise à jour du contenu académique et des cursus universitaires

Planification / organisation

Comme mentionné auparavant, il est primordial de bien planifier ce projet en vue de minimiser les coûts et d'augmenter la valeur ajoutée des différentes actions à entreprendre. Au cours de ce processus il est fortement recommandé de procéder à :

1. Etude et inventaire du parc matériel existant
2. Etude et inventaire des applications existantes et la nécessité ou non de prendre en charge IPv6
3. Etude de risque
 1. Volet intégration d'IPv6

⁴² http://en.wikipedia.org/wiki/Knowledge_base : is a special kind of database for knowledge management, providing the means for the computerized collection, organization, and retrieval of knowledge.



2. Abstinence d'intégrer IPv6
4. Elaboration d'un plan détaillé de la migration comportant des délai , les acteurs
5. Elaboration de procédures génériques et spécifiques de migration
6. Elaboration de document de certification/validation de la prise en charge d'IPv6
7. Elaboration des critères d'appréciation de l'accomplissement du projet d'intégration/migration à un niveau national, sectoriel, et aussi pour chaque entité
8. Elaboration d'une stratégie d'exclusion du projet : cette stratégie identifiera les applications et systèmes qui ne requièrent pas une transition pour leur offre de service.
9. Elaboration d'un calendrier de livrables sur l'état d'avancement
10. Elaboration d'un calendrier d'audit de la prise en charge d'IPv6

Acteurs en jeu

Compte tenu de l'ubiquité de l'Internet et du réseau IP, plusieurs acteurs sont inclus dans ce projet, avec différents niveaux et domaines de compétence et d'implication. Les acteurs majeurs sont :

1. Opérateurs
2. Fournisseurs de Services/accès Internet
3. Régulateur(s)
4. Gouvernement
5. Représentant de chaque métier/industrie à travers les associations professionnelles
6. Représentant par spécialité académique et par niveau académique
7. Acteurs dans le domaine économique
8. Acteurs dans le domaine industriel
9. Acteurs dans le domaine de l'intelligence
10. Acteurs dans le domaine de la sécurité

Exécution

L'implémentation et la mise en exécution du planning du projet pourrait inclure les actions suivantes susceptibles de faciliter et accélérer le déroulement de certaines opérations :

1. Création de mini-taskforces par secteur /métier /spécialité
2. Mises au point régulières entre les différentes taskforces
3. Formation de ressources humaines
4. Elaboration de plan de migration types par secteur /métier /spécialité

Technique

D'un point de vue technique, plusieurs solutions soft ou hard existent sur le marché, et ce sur différents segments verticaux (équipements réseau, sécurité, applicatifs de gestion,...), prenant en charge IPv6. Devant ce constat il est essentiel, afin d'accomplir un déploiement de manière transparente, de entamer les initiatives suivantes :

1. Listing de tous les constructeurs supportant IPv6
2. Listing tous les éditeurs de logiciels supportant IPv6
3. Listing des solutions qui prennent en charge IPv6 par métier
4. Elaboration et mise en œuvre, dans la mesure du possible, d'un service de téléchargement de patches pour la prise en charge d'IPv6
5. Veiller à une transition transparente par rapport à l'utilisation des services internet
6. Veiller à la non rupture des services et à la non détérioration de la qualité de service
7. Plan de secours pour faibles machine arrière
8. Plan/politique de Sécurité pour les plateformes en production



Conclusion générale

Ce document a dressé l'état des lieux de l'IPv6 relativement aux aspects technologiques, à son déploiement à l'échelle mondiale et aux meilleures pratiques et leçon apprises dans le domaine. Compte tenu du retard que nous, monde Arabe, sommes entrain d'accuser dans ce domaine, il y a lieu à nous organiser autour de ce projet au sens de ce rapport.

Tous les guides, et conseils qui ont été citées peuvent être appliqués dans notre contexte pour permettre à notre communauté un essor et un meilleur positionnement sur Internet. Le plan d'action proposé peut aussi bien être fédéré à titre officiel ou bien à titre collaboratif et constructif dans l'optique de partage d'expérience, d'expertise et savoir faire, aussi bien que des projets innovants mettant à profit les nouvelles fonctionnalités apportées avec IPv6.



Bibliographie

Europe Information Society. (2008, Mai 27). *An unlimited source of Internet addresses to be on stream in Europe by 2010*. Consulté le Avril 4, 2009, sur European Commission: http://ec.europa.eu/information_society/newsroom/cf/document.cfm?action=display&doc_id=479

Hermann, V. (2007, Mai 28). *La saturation des adresses IPv4 est prévue pour 2010*. Consulté le Avril 4, 2009, sur PCINPACT: <http://www.pcinpact.com/actu/news/36624-ipv4-ipv6-adresses-disponibles.htm>

IPv6 Forum. (2006). *IPv6 Forum Roadmap & Vision 2010*. Consulté le Avril 2009, sur IPv6Forum: http://www.ipv6forum.com/dl/forum/www_ipv6forum_roadmap_vision_2010.pdf

Roure, P. (2008, Novembre). IPv6 prépare l'Internet des multitudes. *PC Expert*, p. 27.

VanHaute, N. (2008, Octobre 14). *Le protocole IPv6*. Consulté le Avril 04, 2009, sur Comment ça Marche: <http://www.commentcamarche.net/contents/internet/ipv6.php3>