

# Déploiement et acteurs d'IPv6 en France et en Europe

Jérôme DURAND

GIP RENATER

151 bd de l'Hôpital, 75013 PARIS

jerome.durand@renater.fr

Bernard TUY

GIP RENATER

151 bd de l'Hôpital, 75013 PARIS

bernard.tuy@renater.fr

Date de rédaction : 1/10/2003

## Résumé

*L'année 2002 a été un tournant pour le déploiement de services opérationnels IPv6 en Europe. Les réseaux pour la recherche ont été particulièrement moteurs dans ce domaine, en mettant en œuvre IPv6 comme service sur leur backbone. Des réseaux comme Surfnet ou Renater offrent un service IPv6 de production. Toujours dans le domaine académique, GEANT, au niveau européen, a déployé un service IPv6 natif. En ce qui concerne les ISPs commerciaux, Skanova, Global Crossing ou encore NTT Europe ont mis en place IPv6 sur leur backbone. Le fait que des acteurs importants se soient lancés dans IPv6 a permis la mise en place de points d'échange IPv6 à travers l'Europe, comme le SFINX en France, et les peerings IPv6 deviennent de plus en plus nombreux. Les discussions au sein des Internet Registries ont permis d'établir des procédures d'allocation de préfixes IPv6. Ainsi, le délai pour un opérateur pour obtenir un préfixe IPv6 auprès du RIPE NCC n'est que de 2 jours maximum. Les projets européens ont aussi été un vecteur de déploiement d'IPv6, notamment les projets 6NET et EURO6IX qui ont permis de mettre en place une véritable infrastructure pan-européenne de tests.*

## Mots clefs

IPv6, Internet Exchange (IX), Internet Registries, RENATER, M6Bone, 6Net, Euro6IX, Multicast IPv6.

## 1 IPv6 dans les réseaux européens de la recherche (NRENs)

Tous les réseaux européens de la recherche ont déployé aujourd'hui un réseau IPv6, motivés par leur intérêt habituel pour les nouvelles technologies de réseaux. La majorité en est au stade de service pilote ou expérimental (avec des préfixes de test du 6bone), dans lequel IPv6 n'est pas offert en tant que service contractuel. Cette étape, essentielle pour se préparer en douceur à l'administration d'IPv6, leur permettra très prochainement d'offrir un service à leurs usagers. RENATER et SURFNET (Réseau de la recherche néerlandais) offrent maintenant un service IPv6 de production sur l'ensemble du territoire métropolitain.

### 1.1 Déploiement d'IPv6 dans RENATER

#### Support natif

Dans le cadre d'une action pilote du GIP Renater, conduite par le G6<sup>1</sup>, l'infrastructure du réseau Renater-2 bis a été utilisée pour mettre en place un pilote IPv6. Fort de cette expérience, IPv6 est maintenant fourni de manière native sur l'ensemble du réseau Renater-3. Tous les points de présence offrent aux réseaux de collecte et aux sites connectés une connectivité IP globale, qui comprend à la fois IPv4 unicast, IPv4 multicast et IPv6 unicast. Les deux trafics (v4-v6) sont acheminés dans le backbone sans aucune distinction, avec un niveau de performance, de disponibilité, de supervision et de support égal.

---

<sup>1</sup> Le G6 est une association française d'experts en IPv6 qui a pour but de favoriser le développement et le déploiement du nouveau protocole de l'Internet. Des informations sont disponibles sur le site <http://www.g6.asso.fr/>

### Adressage et délégation des zones inverses

L'adressage de l'ensemble du réseau est conçu de manière hiérarchisée, permettant d'agréger les routes au maximum, limitant ainsi la taille des tables de routage ce qui était un des défis posés à IPv6 dès sa conception. Le GIP Renater alloue à chaque Nœud Régional (NR) un préfixe de 40 bits (/40). Chaque site reçoit un NLA-ID<sup>2</sup> (/48) dérivant du /40 du NR sur lequel il est connecté. Le GIP RENATER gère les serveurs de noms pour la zone inverse qui lui a été déléguée par le Registre européen. Il peut à la demande déléguer à un site la zone DNS inverse du NLA-ID qui lui a été alloué.

### Connexions internationales

Le réseau Renater est raccordé à l'Internet-v6 grâce à plusieurs connexions internationales en particulier via GÉANT pour l'Europe et les réseaux de recherche nord américains (Géant offre le transit vers Abilene, Canarie, ESnet...). Le projet TEIN (Trans-Eurasia Information Network), qui met en œuvre une liaison entre Paris et Séoul, permet de connecter cette région du monde aux partenaires de GÉANT. Enfin, une connexion vers OpenTransit permet le raccordement de Renater-3 vers l'Internet-v6 de commodité. Le service IPv6 est étendu au SFINX (Service for French Internet eXchange), point d'échange français administré par Renater, qui offre aux prestataires IP un point d'interconnexion à la fois IPv4 et IPv6. Un an après la mise en service d'IPv6 sur le SFINX, neuf prestataires IP échangent du trafic IPv6 :

- AFNIC
- CEGETEL
- GITOYEN
- GLOBAL ACCESS TELECOM
- LDCOM
- MATRA GROLIER NETWORK
- NERIM
- TISCALI INTERNATIONAL
- YACAST

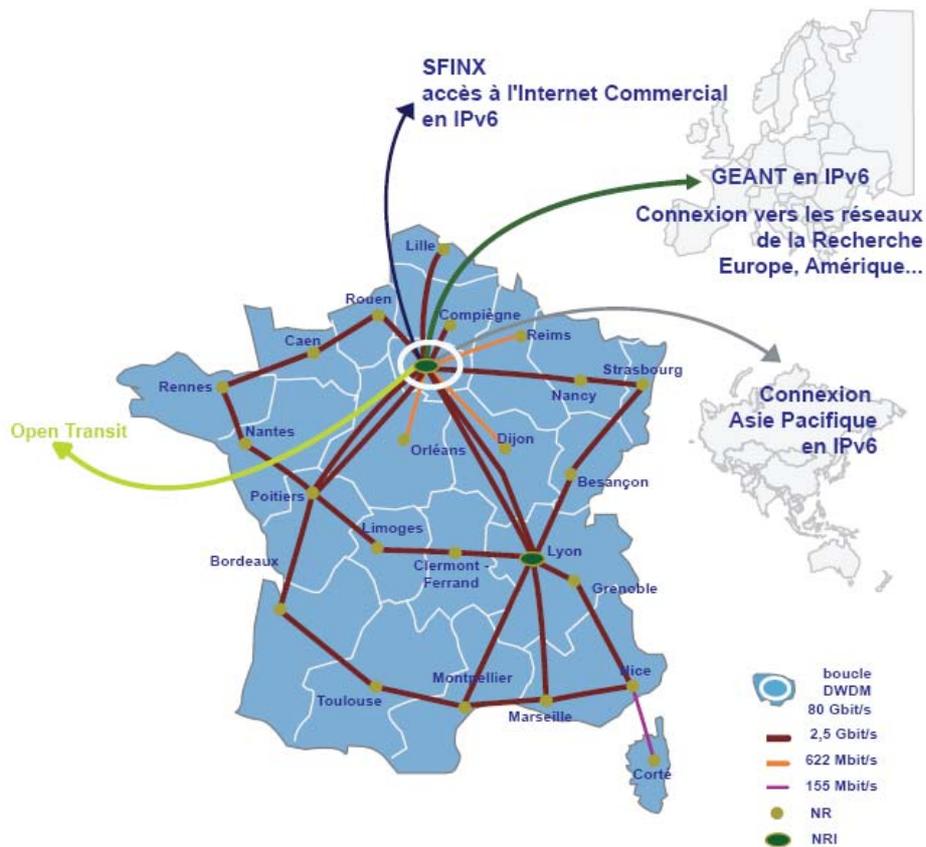


Figure 1 - Carte de RENATER3 IPv6

<sup>2</sup> Next Level Aggregator - Un NLA-ID est un préfixe de site, sa taille est de 48 bits.

## Les réseaux régionaux

En France, ce déploiement dans le backbone national de Renater a eu pour conséquence d'inciter les réseaux de collecte à considérer le déploiement d'IPv6 afin de pouvoir offrir à leurs sites une connectivité IPv6 de bout en bout. Ainsi, des réseaux de collecte (régionaux ou métropolitains) comme RAP (Paris), Rubis ou Reve en région parisienne, RÉMIP 2000 sur Toulouse, RRTP à Compiègne, Noropale à Lille, Osiris à Strasbourg, etc. sont en train de mettre en place IPv6 sur leur réseau. De multiples solutions sont aujourd'hui possibles: double-pile IPv4-IPv6, 6PE<sup>3</sup>, PVC ATM, VLANs, tunnels... et peuvent être mises en œuvre pour déployer IPv6 en fonction des contraintes locales. RÉMIP 2000 a été le premier réseau de collecte à offrir une connectivité IPv6 à ses usagers dès le deuxième trimestre 2003.

Le déploiement d'IPv6 sur les réseaux académiques est un catalyseur pour le déploiement de l'Internet-v6. En effet, ces déploiements en France ont aussi pour conséquence de stimuler les opérateurs privés (qui gèrent certains réseaux académiques) vers IPv6. La mise en production d'IPv6 sur les Réseaux de Collecte oblige ces opérateurs à acquérir les compétences en interne. Cette démarche des acteurs commerciaux ne peut qu'être bénéfique pour le déploiement d'IPv6 à plus grande échelle, et ce dans des secteurs d'activité autres que celui de l'enseignement et la recherche.

## 1.2 Déploiement d'IPv6 dans Géant

Le déploiement d'IPv6 dans la plupart des réseaux de la recherche en Europe a permis d'accélérer le déploiement du nouveau protocole sur GÉANT. Depuis avril 2003, un service pilote IPv6 est disponible. Les routeurs de GÉANT ont une double-pile IPv4/IPv6 et transportent les 2 protocoles sans distinction. 25 réseaux de recherche européens sont connectés aujourd'hui au service IPv6 de GÉANT. Une liste mise à jour régulièrement est disponible sur la page <http://www.dante.net/nep/ipv6/ipv6-connection.htm>.

La plupart de ces réseaux sont connectés de façon native à GÉANT. Les quelques réseaux utilisant une connexion par tunnel ont déjà planifié un lien natif pour l'année 2004.

Le réseau GÉANT offre aussi une connectivité vers les réseaux de recherche ABILENE, CANARIE, ESNET, KOREN (via RENATER)...

## 2 IPv6 dans les réseaux commerciaux en Europe

L'année 2002 a été un tournant pour le déploiement d'IPv6 en Europe. Elle a vu en effet les premiers opérateurs commerciaux déployer IPv6 sur leur backbone. En Europe, nous pouvons noter par exemple aujourd'hui les réseaux suivants dans les tables de routage :

- Global Crossing
- Skanova (Telia)
- NERIM
- NTT Europe
- Opentransit (France Telecom)
- Tiscali

Si la plupart des opérateurs a aujourd'hui planifié le déploiement d'IPv6 dans leur réseau, il n'y a pas de grand opérateur offrant aujourd'hui un service IPv6 à des particuliers (via modem ou xDSL par exemple). Néanmoins, certains opérateurs ont déployé des relais 6to4 dans leur réseau permettant, à défaut de mettre en place une infrastructure native, de donner une connectivité par tunnel IPv6/IPv4 à leurs clients. Ce genre de solution permet aux opérateurs de réduire le coût du déploiement d'IPv6 en prenant le temps de comprendre les conséquences inhérentes.

Cet intérêt des opérateurs commerciaux pour IPv6 a permis de montrer qu'il n'y avait aucun obstacle majeur pour le déploiement du nouveau protocole sur un réseau commercial. Il a permis aussi d'accélérer le déploiement d'IPv6 au niveau des points d'échange.

## 3 IPv6 dans les points d'échange

De nombreux points d'échange permettent aujourd'hui aux opérateurs d'échanger du trafic IPv6. Une liste non-exhaustive est disponible sur le site <http://www.v6nap.net>

En Europe, on pourra noter un service IPv6 disponible sur les points d'échange principaux suivants :

- AMS-IX (Amsterdam)
- FICIX (Helsinki)

---

<sup>3</sup> IPv6 sur MPLS - encapsulation réalisée sur le routeur d'accès de l'opérateur (Provider Edge)

- INXS (Munich)
- MCI-MAE-Frankfurt
- MCI-MAE-Paris
- NaMeX (Rome)
- SFINX (Paris)
- LINX (Londres)
- XchangePoint (Londres)

Les points d'échange sont des nœuds stratégiques pour le développement d'IPv6. Comme presque tous les réseaux académiques gèrent aujourd'hui des points d'échange (SFINX géré par RENATER, AMS-IX par SURFnet...), il a été possible d'y déployer IPv6 dès l'année 2000 pour certains. Aussi, la plupart des points d'échange n'offrent qu'un service de connexion de niveau 2 : le transport d'IPv6 est transparent. Sur certains points d'échange, les réseaux voulant s'échanger du trafic IPv6 sont séparés dans des VLANs dédiés.

## 4 Les Internet Registries (IR)<sup>4</sup>

Les discussions au sein des Internet Registries ont permis d'établir des règles pour l'attribution des préfixes IPv6. Par exemple, pour obtenir un préfixe IPv6 du Registre européen -RIPE NCC, il faut remplir les critères suivants :

- Etre un local Internet Registry membre de RIPE
- Ne pas être un site final
- Offrir de la connectivité IPv6 à des organisations et leur attribuer des /48, tout en agrégeant ces sites dans l'espace d'adressage alloué par le RIPE NCC
- Réaliser 200 allocations de /48 dans les 2 premières années après obtention du préfixe du RIPE NCC.

En répondant à ces critères, l'obtention d'un préfixe IPv6 se fait au bout de 2 jours ouvrables au maximum. L'établissement de ces procédures a permis d'accélérer le déploiement d'IPv6. Les actions coordonnées entre les RIR assurent une cohérence des procédures d'allocation et les opérateurs peuvent s'adresser à un guichet unique pour leurs questions quant à l'adressage IPv4 et IPv6.

## 5 Les projets

Historiquement, le premier et le plus grand projet IPv6 est le **6Bone**<sup>5</sup>. Il a permis de déployer un réseau mondial de tests de façon organisée, de mettre en place les premières structures d'adressage et de nommage IPv6 et d'utiliser progressivement les protocoles de routage interdomaine.

Aujourd'hui, l'IETF a planifié l'arrêt du 6bone en deux phases :

- 1<sup>er</sup> janvier 2004 : arrêt de l'allocation des préfixes de tests (pTLA)
- 06 juin 2006 : arrêt du routage dans le 6Bone et retour de tous les préfixes de tests à l'IANA<sup>6</sup>

Ce plan incite bien sûr à anticiper sur les dates ci-dessus en allouant des préfixes dits de production. Renater a mis en place les ressources nécessaires pour que cette allocation soit possible dès l'année 2002. De même, la Task Force IPv6 de GÉANT a recommandé de ne plus accepter d'annonces de pTLA à partir du 30 Octobre 2003. Ceci aura, entre autres, pour conséquence que le préfixe du 6bone utilisé par la communauté académique française et géré par le G6, ne sera plus routé vers l'étranger.

Il existe plusieurs autres projets qui ont pour thème IPv6. Certains sont des projets d'infrastructure réseau, d'autres sont des projets ayant pour but le développement de nouvelles applications supportant IPv6. Dans l'ensemble, tous ces projets contribuent au déploiement, à l'utilisation ainsi qu'à la maturation du protocole.

<sup>4</sup> Il existe un Registre par grande région du monde : RIPE-NCC pour l'Europe, ARIN pour l'Amérique du nord, APNIC pour la zone Asie-Pacifique et LACNIC pour l'Amérique latine.

<sup>5</sup> Cf. <http://www.6bone.net>

<sup>6</sup> IANA : Internet Assigned Numbers Authority

## 5.1 6NET<sup>7</sup>

Le projet 6NET est un projet IST (Information Society Technology) du 5ème programme cadre de la Commission Européenne, regroupant principalement des partenaires du monde académique<sup>8</sup> d'une quinzaine de pays européens. Il a entre autres permis le déploiement d'un backbone de test pan-européen IPv6 permettant d'interconnecter les réseaux de recherche partenaires. La figure 2 ci-dessous présente la topologie du réseau 6NET.

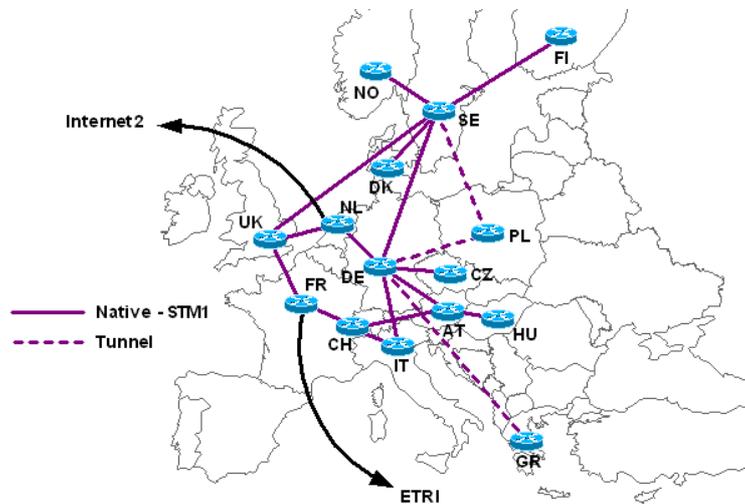


Figure 2 - Topologie du réseau 6NET

Le projet 6NET est découpé en groupes de travail :

- gestion du réseau 6NET
- transition IPv4 - IPv6
- services de base (nommage, routage, multicast...)
- services avancés (classification de service, VPNs...)
- applications
- supervision du réseau
- communication

Dans chaque groupe de travail, des documents sont élaborés après les expérimentations réalisées. Ils couvrent la plupart des thèmes relatifs au protocole IPv6. La majorité est accessible depuis la page du projet 6NET (<http://www.6net.org>)

## 5.2 Euro6IX<sup>9</sup>

Euro6IX est aussi un projet IST. Si 6NET rassemblait surtout des partenaires du monde académique (universités, réseaux de recherche), Euro6IX regroupe principalement des opérateurs commerciaux européens. Un des objectifs du projet est la mise en place d'une infrastructure pan-européenne interconnectant des points d'échange IPv6 (IXv6) des opérateurs commerciaux partenaires. Comme pour le projet 6NET, des documents sont publiés et sont disponibles publiquement sur le site web du projet (<http://www.euro6ix.org>)

## 5.3 IPv6 Task Forces

Dans de nombreux pays ou régions du monde, y compris en Europe, des "IPv6 Task Forces" ont vu le jour. Ces groupes ont principalement deux objectifs : assurer un transfert de compétence vers l'industrie et sensibiliser les pouvoirs publics sur l'importance du nouveau protocole de l'internet.

Grâce aux résultats des projets de recherche, les pouvoirs politiques peuvent impulser des programmes de développement au plan industriel. Il existe une Task Force IPv6 à l'échelle européenne et des Task Forces nationales se créent dans les divers

<sup>7</sup> cf. <http://www.6net.org>

<sup>8</sup> Renater, le Loria, l'ENST-B et l'Université L. Pasteur de Strasbourg pour les partenaires français.

<sup>9</sup> Cf. <http://www.euro6ix.org>

pays d'Europe. En France, la Task Force IPv6 a été créée en 2003 et des informations sont disponibles sur le site <http://www.fr.ipv6tf.org>

## 5.4 M6Bone<sup>10</sup>

### Qu'est-ce que le M6Bone ?

Le M6Bone est un réseau de test multicast IPv6. Le projet a débuté en Juillet 2001, sous l'impulsion de l'association Aristote, du G6 et de RENATER. Le but du projet est d'offrir une connectivité multicast IPv6 aux sites voulant expérimenter cette technologie. Le M6Bone permet aussi de valider des applications ou matériels relatifs au multicast IPv6. L'intérêt majeur est de démontrer qu'IPv6 aujourd'hui n'est pas un protocole réservé aux chercheurs mais permet déjà de réaliser des applications avancées comme la visioconférence multi-utilisateurs.

### Topologie du M6Bone

La figure 3 ci-dessous présente des cartes de la topologie actuelle du M6Bone, avec les sites et réseaux connectés.

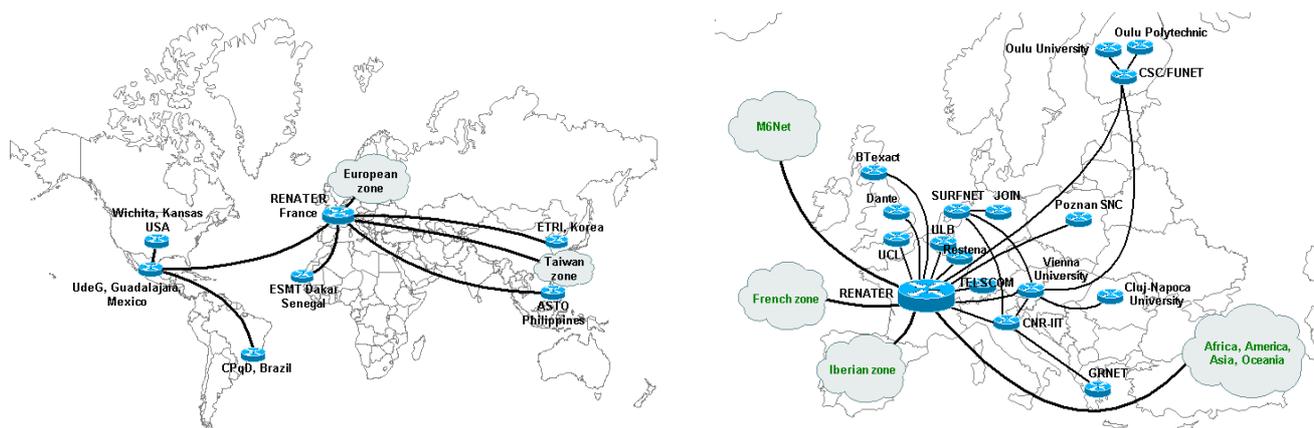


Figure 3 - Carte mondiale et européenne du M6Bone

Quelques liens natifs commencent à voir le jour dans le M6Bone, notamment grâce au projet 6NET, permettant d'interconnecter en IPv6 multicast la plupart des réseaux de recherche européens partenaires du projet; cependant la majeure partie des liens du M6Bone est constituée de tunnels (IPv6 multicast dans IPv6 unicast ou alors IPv6 multicast dans IPv4). Si, au départ, des équipements différents devaient être utilisés pour le multicast et l'unicast (absence de table de routage IPv6 multicast), l'implémentation de MBGP et de PIM sur certains routeurs commerciaux permet aujourd'hui de considérer un déploiement à grande échelle.

Le protocole utilisé dans le M6Bone est PIM sparse-mode. Le point de rendez-vous global est géré par RENATER. Des questions sur l'interdomaine multicast subsistent. MSDP<sup>11</sup> ne verra pas le jour pour IPv6 et des solutions sont à l'étude. Le M6Bone permet de tester à grande échelle les solutions envisagées.

### Services disponibles grâce au M6Bone

Presque tous les systèmes d'exploitation supportent IPv6 aujourd'hui et permettent d'utiliser des applications multicast. Les outils du M6Bone (vic, rat, sdr, nte, whiteboard...) supportent aujourd'hui IPv6 et il est possible de réaliser des visioconférences sur le M6Bone. Des outils comme freamp permettent aussi de diffuser des stations de radio sur le M6Bone à haut débit. Des passerelles (ou réflecteurs) avec le réseau IPv4 multicast ont aussi été développées. Il est ainsi possible pour des personnes sur le M6Bone de joindre des sessions IPv4 et vice-versa. Des réflecteurs unicast/multicast permettent à des personnes ne disposant que d'une connectivité unicast de se joindre à des sessions multicast. Tous ces outils sont régulièrement utilisés pour la diffusion d'événements (conférences, causeries de Renater, séminaires Aristote, ...)

<sup>10</sup> cf. <http://www.m6bone.net>

<sup>11</sup> Multicast Source Discovery Protocol

## La communauté M6Bone

Une mailing-list libre ([m6bone@ml.renater.fr](mailto:m6bone@ml.renater.fr)), permet aujourd'hui à plus de 140 personnes d'échanger leurs connaissances sur le multicast IPv6 (routage, applications...) Un site web (<http://www.m6bone.net>) collecte les informations principales pour tout savoir sur les technologies multicast et les évolutions du réseau M6Bone. La configuration des différents équipements est également détaillée.

## Conclusions

Les déploiements en Europe ne sont qu'une partie du travail réalisé aujourd'hui sur IPv6. L'Asie, l'Amérique du Nord et du Sud jouent aussi un rôle primordial ; d'une part parce que la plus forte demande pour IPv6 vient de l'Asie qui fait face à une forte pénurie d'adresses IP, d'autre part parce que les plus grands constructeurs sont aujourd'hui américains.

Le consortium WIDE, au Japon (<http://www.v6.wide.ad.jp>), regroupant les principaux industriels japonais autour d'IPv6, est un exemple du rôle moteur de la zone Asie-pacifique. Un réseau a pu être déployé très tôt et des routeurs compatibles IPv6 ont été développés. Des applications ont aussi été conçues pour utiliser le nouveau protocole de l'Internet. L'IPv6 Promotion Council (<http://www.v6pc.jp/en/>) est un autre exemple de groupement des acteurs d'IPv6 au Japon ; c'est un groupe dont l'objectif est davantage porté sur la communication autour du protocole.

L'Amérique est restée longtemps en retrait sur IPv6, surtout parce qu'ils ne ressentent pas de manque d'adresses IPv4 de par leur position de leader sur cette technologie. Cependant, les constructeurs se sont vite intéressés au développement d'IPv6, qui s'est révélé être un argument commercial. Une Task Force IPv6 a été établie aux Etats-Unis pour accélérer le déploiement chez les industriels.

Des actions sont aussi coordonnées à l'échelle de la planète pour permettre une plus grande homogénéité et assurer une pérennité des déploiements. L'ISOC (Internet Society) par exemple a placé IPv6 comme une des priorités depuis déjà quelques années. Cela a permis d'accélérer le processus de normalisation du protocole, de réunir les opérateurs mondiaux au sein de groupes de travail et de favoriser les échanges de connaissance sur IPv6. Parallèlement, l'IPv6 Forum ([www.ipv6forum.com](http://www.ipv6forum.com)) a été mis en place avec pour mission de créer un forum d'expertise sur IPv6, de partager les connaissances entre les membres du groupe, et enfin de faire connaître IPv6 ainsi que les services et applicatifs inhérents.

## Références

- [1] <http://www.renater.fr> - Web de Renater
- [2] <http://sem2.renater.fr> - Web spécialisé Ipv6 de Renater
- [3] <http://www.dante.net> - Web de DANTE
- [4] <http://www.v6nap.net> - Points d'échange IPv6
- [5] <http://www.ripe.net> - Web du RIPE NCC
- [6] <http://www.6net.org> - Web du projet IST 6NET
- [7] <http://www.euro6ix.org> - Web du projet IST EURO6IX
- [8] <http://www.fr.ipv6tf.org> - Web de la Task Force IPv6 France
- [9] <http://www.m6bone.net> - Web du projet M6Bone
- [10] <http://www.v6.wide.ad.jp> - Web du projet Wide
- [11] <http://www.v6pc.jp/en/> - Web de l'IPv6 Promotion Council
- [12] <http://www.ipv6forum.com> - Web de l'IPv6 Forum