

## Avec IPv6, nous devons nous habituer à l'abondance

Jean-Michel Cornu, consultant international en société et technologies de l'information  
et directeur scientifique de la Fondation Internet Nouvelle Génération – <http://www.cornu.eu.org/>  
Article pour Minotaure de février 2004 16419

---

*Merci à Patrick Cocquet et Louis Pouzin pour leur relecture attentive et leurs judicieux commentaires.*

Nous allons devoir nous habituer à un nouvel acronyme. IPv6 représente la nouvelle version du Protocole Internet (IP). Cette version 6 apporte quelques changements importants par rapport à la version 4 actuellement disséminée sur toute la planète. Le protocole IP est le protocole de base qui sous-tend l'ensemble de l'internet, il représente l'équivalent dans l'internet du système de numérotation téléphonique dans les télécommunications qui permet d'accéder à n'importe quel téléphone sur la planète.

Si l'internet a d'ores et déjà eu un impact majeur sur beaucoup de pays, la nouvelle version est le premier changement majeur depuis que l'internet est sorti de la confidentialité, bien longtemps avant l'apparition du Web. Les changements techniques du nouveau standard pourraient avoir un impact bien plus important qu'on ne l'imagine sur les usages privés et communautaires bien sûr, mais aussi dans le monde politique et économique<sup>1</sup>.

### Une abondance d'adresses

Le premier changement, le plus connu, est le nombre d'adresses disponibles. IPv4 en permet en théorie 4,2 milliards, mais toutes ne sont pas utilisées. On considère en général une utilisation réelle maximum d'environ 30% des adresses théoriques, mais il est déjà quasiment impossible de donner une adresse aux plus de 720 millions de personnes disposant d'un accès direct au net en 2004<sup>2</sup>. Les nouveaux pays arrivent après la course et n'ont que des restes dans ce partage du gâteau. La République Populaire de Chine par exemple, avec près de 80 millions de personnes connectées<sup>3</sup> disposait jusqu'à récemment de moins d'adresses que chacune des universités de Stanford et du MIT aux Etats-Unis. Elle dispose aujourd'hui encore de moins de la moitié des adresses nécessaires pour couvrir ses besoins actuels<sup>4</sup>. Beaucoup de pays africains ne disposent même d'aucune adresse IPv4... Une solution palliative consiste à mettre à l'entrée d'une société un boîtier de traductions d'adresses (NAT) qui transforme les quelques adresses internet publiques d'une société en autant d'adresses privées que nécessaires<sup>5</sup>. Mais cette approche pousse à un internet à deux vitesses : d'une part quelques serveurs qui se partagent les rares adresses IPv4, et pour le reste des postes clients qui cantonnent leurs utilisateurs à un rôle de consultation des serveurs (serveurs Web, serveurs de messagerie, etc.)

Avec IPv6, tout change. Cette fois, ce sont plus de 300 milliards de milliards de milliards de milliards d'adresses qui sont en théorie disponibles ! Pour comparaison, si on imagine que chacune des 10 milliards de milliards d'étoiles que les scientifiques ont compté dans l'univers disposent de 3 planètes habitées chacune par 10 milliards d'habitants, cela permettrait de donner cent milles adresses internet à chaque habitant de l'univers...

A quoi peut bien servir un si grand nombre d'adresses, si on excepte la possibilité de commander à distance la porte de garage d'un habitant de Bételgeuse ? En fait, disposer de bien plus d'adresses qu'il n'est nécessaire comporte pas mal d'avantages. Tout d'abord cela permet de donner bien sûr des adresses à tout le monde. Les machines peuvent « s'autoconfigurer » en choisissant elles-mêmes leur adresse par exemple à partir de leur numéro de série, quitte à jeter l'adresse avec l'appareil... Enfin, il devient alors possible d'être appelé comme c'est déjà le cas avec le téléphone. Il est ainsi nécessaire de disposer d'une adresse fixe pour atteindre un serveur Web ou pour faciliter l'appel à un terminal ou un ordinateur pour faire une visiophonie. Actuellement, les serveurs sont hébergés dans des sociétés ou chez des hébergeurs qui disposent des précieuses adresses IPv4, demain, chacun pourra héberger ses propres services en fonction de la bande passante dont il disposera. On peut alors s'inquiéter que l'adresse IPv6 soit utilisée comme un numéro d'identification qui permettrait aux Etats et aux grandes entreprises commerciales de nous tracer. Dans ce cas, le surnombre apporte une solution en permettant plusieurs adresses pour un même serveur. L'adresse physique peut alors être cachée et il est possible

---

<sup>1</sup> Pour en savoir plus, voir les différents articles sur IPv6 de la Fondation Internet Nouvelle Génération (Fing) : <http://www.fing.org/index.php?portail=1028>

<sup>2</sup> Source : eMarketer et International Telecom Union, mai 2003

<sup>3</sup> Source China Internet Network Information Center (CNNIC) - <http://www.cnnic.com.cn/html/Dir/2004/01/15/2080.htm>

<sup>4</sup> Worldwide IP book, RIR Wireline Data, september 15<sup>th</sup>, 2003 - [http://www.nav6tf.org/RIR\\_eNations/RIR\\_Wireline\\_Data.pdf](http://www.nav6tf.org/RIR_eNations/RIR_Wireline_Data.pdf)

<sup>5</sup> Voir la fiche d'expertise « IPv6 et adressage », Fing - <http://www.fing.org/index.php?num=1894,4>

de donner une adresse fixe particulière à une population donnée et pour un temps qui peut être limité. Le plan d'adressage mis en place pour IPv6 permet ainsi jusqu'à 16 milliards de milliards d'adresses par personne !

Le surnombre d'adresses permet également de préparer l'internet de demain. Jusqu'à présent, l'internet a surtout permis de communiquer entre êtres humains, éventuellement au travers d'un serveur de messagerie, de chat ou de pages Web. Pourtant en 2002, le nombre des micro-contrôleurs (ces puces qui intègrent un petit ordinateur complet qui rendent possible l'arrivée d'objets simples intelligents) a dépassé le nombre d'êtres humains sur cette planète. Ces nouveaux objets communiquent encore peu mais bientôt ils disposeront de cette faculté pour échanger non seulement avec nous mais aussi entre eux. Ainsi, l'arrivée des étiquettes intelligentes (les « RFID ») donne à chaque objet une adresse qui peut être suivie grâce à des échanges sans-fil. Elles portent également le débat sur la possibilité des objets de communiquer entre eux ... mais aussi sur la traçabilité des objets jusque chez nous : pourrions nous « effacer » l'adresse qui a permis au fournisseur de suivre un objet de la fabrication à la vente en passant par le stock afin que cette traçabilité n'empiète pas sur notre vie privée ? Les systèmes actuels ne le permettent pas car ils utilisent une seule adresse inscrite physiquement sur la puce. Enfin, pour faciliter l'adaptation du réseau à ces nouveaux usages, plusieurs options ont été développées dans IPv4 (Qualité de service, multicast, sécurité, mobilité...). Elles ont été intégrées comme extensions dans IPv6, les rendant accessibles plus facilement. Ces nouvelles possibilités permettent d'adapter le réseau à de nouveaux usages qui ne sont pas ceux pour lequel le réseau a été conçu : téléphonie sur Internet, diffusion de radios et de télévisions, commerce électronique sécurisé, utilisation en situation mobile...

## Les choix stratégiques des Etats

IPv6 offre donc un certain nombre de nouveautés techniques qui se traduisent par des possibilités d'usages nouveaux. Chaque pays qui a défini une stratégie IPv6 l'a fait pour des raisons particulières. D'une façon synthétique, on peut considérer que l'Asie est particulièrement motivée par la possibilité de disposer d'un plus grand nombre d'adresses pour gagner en indépendance. L'Europe est également en train de s'orienter vers IPv6<sup>6</sup>. Un des moteurs en est la mobilité ; Non seulement face au développement de la téléphonie mobile et de son extension aux réseaux de données, mais également dans le cadre des usages en déplacement. Quant à l'Amérique du Nord, elle était jusqu'à présent peut intéressée par IPv6 car elle disposait de la plus grande part des adresses IPv4. Pourtant, IPv6 est depuis plus d'un an devenu une priorité nationale aux Etats Unis et au Canada pour des raisons de ... sécurité (11 septembre oblige). Le département de la défense américaine impose ainsi depuis le 1<sup>er</sup> octobre dernier que tous les nouveaux matériels soient prêts pour IPv6<sup>7</sup>.

Pourtant le passage à IPv6 n'est pas neutre. Toute notre civilisation est basée sur l'apprentissage de la gestion de la rareté<sup>8</sup>. Que ce soit par un travail de préparation (la planification) ou par une régulation automatique (le marché), l'objectif est toujours d'optimiser la gestion des ressources rares. Nous sommes beaucoup plus démunis pour gérer l'abondance ! De tout temps, le contrôle par les états ou par les entreprises s'est fait en maîtrisant ces ressources rares. Mais sur l'internet, la rareté est beaucoup moins présente : abondance de routes pour acheminer un message entre deux points, abondance de bande passante sur les cœurs de réseau (une seule fibre optique moderne peut passer plusieurs fois l'ensemble du débit de l'internet), abondance encore de l'information. En effet cette dernière ne s'échange pas, elle se partage. Une information est d'abord dupliquée avec un coût marginal quasi nul si bien qu'à la fin de la transaction aussi bien l'offreur que le récepteur peuvent en disposer.

## Comment contrôler le réseau ?

L'abondance ne résout pas tous les problèmes. La surabondance d'information par exemple doit se gérer au même titre que la pénurie d'information. Mais il est bien plus difficile d'exercer un contrôle centralisé dans un paradigme d'abondance. Aussi, les Etats comme les sociétés ont recherché tout ce qui pouvait être rare dans l'internet et de fait elles ont trouvé quelques points de rareté et cherché à en développer d'autres.

La première rareté est le nombre d'adresses Internet. Il pouvait sembler très important à la naissance de l'internet, mais ce dernier a eu un succès bien plus important qu'on ne l'imaginait. Cette pénurie d'adresse à

---

<sup>6</sup> Voir par exemple la Task Force IPv6 européenne (<http://www.ipv6-taskforce.org/europe.php>) et son pendant français (<http://www.fr.ipv6tf.org/>)

<sup>7</sup> Department of Defense, Memorandum on Internet Protocol Version 6 (IPv6), DODD 8100,1 Global Information Grid Overarching Policy, September 19, 2002

<sup>8</sup> Voir « Internet, les technologies, les services et les usages de demain (2 tomes) » par Jean-Michel Cornu : <http://www.fing.org/index.php?rubrique=cahiers>

d'abord servi les Etats Unis, mieux lotis grâce à leur avantage historique. IPv6 ramène de l'abondance dans les adresses IP. C'est pour cette raison qu'il est poussé par de nouveaux pays comme l'Inde ou la Chine. Il y a cependant actuellement des luttes pour centraliser l'affectation des plages d'adresses IP afin de recréer un contrôle là où l'abondance permet au contraire une gestion décentralisée. Mais les adresses IP ne sont pas les seuls verrous du net.

- Un deuxième type de rareté est le système de noms de domaines (DNS). Il n'est pas possible d'attribuer le même nom de domaine, par exemple minotaure.org, à plusieurs propriétaires. Cela est dû à l'architecture du DNS qui n'a pas été pensée pour une telle extension de l'internet. Autant l'internet est avant tout décentralisé, autant le système des noms de domaine a été conçu comme une architecture centralisée. Bien qu'il ne s'agit pas d'une architecture fondamentale du réseau (on peut toujours accéder à un site par son adresse internet comme on le fait d'un interlocuteur à l'aide d'un numéro de téléphone), le nommage a concentré une bonne part des guerres sur le net ces dernières années

Outre ces deux aspects rares de l'internet actuel – les adresses internet et les noms de domaine – Il est aussi possible de refabriquer de la rareté en créant des « passages obligés » contrôlés. C'est le cas par exemple du « dernier kilomètre<sup>9</sup> » qui relie l'utilisateur au cœur de réseau. Les réseaux locaux des utilisateurs comme les réseaux dorsaux des opérateurs proposent des débits énormes. Mais entre les deux la liaison est souvent contrôlée par un opérateur de télécommunication. C'est particulièrement vrai en Afrique, mais également dans plusieurs pays occidentaux. Pourtant, des exemples comme ceux de la ville de Tierp<sup>10</sup> en Suède ou de Pau en France montre qu'il est possible d'amener du haut débit et une pluralité de fournisseurs aux utilisateurs d'une ville même petite. Cela est vrai également pour des villages encore plus petits grâce aux technologies satellites<sup>11</sup>. Encore une fois le goulot d'étranglement du dernier kilomètre n'est pas une fatalité.

Le dernier goulot d'étranglement qu'il est possible de créer est dans l'interconnexion entre les réseaux. Il est possible de réduire le nombre de liens entre un pays et le reste de l'internet en obligeant tout le trafic entre les deux à circuler sur un ou quelques liens bien contrôlés. C'est la solution qu'a choisie la Chine pour contrôler son internet. Pourtant, encore une fois, il suffit d'installer une liaison supplémentaire pour qu'une partie du trafic l'emprunte, rendant difficile le contrôle des messages qui entrent et qui sortent. Que se passera-t-il lorsque certains installeront une antenne satellite dans une campagne éloignée, reroutant une partie du trafic vers les satellites internationaux ?

## **Et si on entrerait dans la société de l'information ?**

Bien sûr il est toujours possible de chercher à contrôler tel ou tel point du réseau pour exercer un pouvoir, mais les Etats et les grandes sociétés qui cherchent à le faire se voient désavantagés face aux multiples contre solutions qui peuvent être mises en place par les peuples, les sociétés et les Etats même petits. L'arme essentielle pour conserver au réseau sa vocation d'échange abondant est ... l'information. Les solutions sont souvent peu onéreuses et assez faciles à mettre en œuvre. Pour conserver la rareté sur le réseau d'information planétaire, il faudrait interdire la diffusion d'articles tel que celui-ci...

Pourtant, si la gestion de la rareté permet d'exercer un pouvoir à son propre intérêt, pourquoi ne pas apprendre à gérer l'abondance qui dans certains cas permet de préserver les intérêts individuels tout en les conciliant avec l'intérêt collectif<sup>12</sup>. L'abondance n'est pas la solution à tout, mais ne pas savoir la gérer et la prendre en compte nous oblige à des solutions très restrictives. Mieux comprendre l'information et apprendre à vivre dans des environnements abondants est un vrai challenge pour le XXIème siècle. C'est certainement tout l'enjeu de notre entrée dans la société de l'information.

---

<sup>9</sup> Voir « libérer le premier kilomètre » de Jacques François Marchandise et Stéphane Vincent : <http://www.fing.org/index.php?num=3006,4>

<sup>10</sup> Voir « Suède, les hauts débits dès le premier kilomètre » par Daniel Kaplan et Jacques François Marchandise : <http://www.fing.org/index.php?num=2935,2>

<sup>11</sup> Voir la fiche d'expertise sur « l'internet par satellite » par Jean-Michel Cornu : <http://www.fing.org/index.php?num=3476,4> et « le satellite et le Wi-Fi pour connecter le pays vendômois » : <http://www.fing.org/index.php?num=3911,4>

<sup>12</sup> Voir « la coopération nouvelles approches » par Jean-Michel Cornu : <http://www.cornu.eu.org/cooperation/>