

Adressage IP version 6

Introduction

Au delà du simple épuisement des adresses IPv4 annoncé pour les années futures du fait de l'émergence des nouveaux terminaux (téléphonie mobile, domotique, etc), l'ancienne mouture du protocole d'interconnexion de réseau présente de nombreux défauts qui ont été complétés ou corrigés au fur et à mesure sans jamais être parfaitement intégrés :

- **NAT** : cette technique est devenue obligatoire pour assurer l'existence de réseaux internes connectés sans monopoliser les adresses utilisables. Elle pose des problèmes pour l'application d'éléments de sécurité (VPN notamment) ou d'un point de vue juridique (qui est l'émetteur réel d'un flux adressé au nom du routeur).
- Agrégation des adresses (disposer d'adresses contiguës pour pouvoir les adresser en une seule fois) : les routeurs et les tables de routage doivent effectuer un travail lourd de recherche parmi plusieurs dizaines de milliers de lignes de routage. L'organisation **CIDR (Classless InterDomain Routing)** permet de fonctionner par adresses agrégées, mais elle n'a pas été généralisée du fait d'une distribution aléatoire des adresses au démarrage.
- Routage : les protocoles de routage sont basiques et reposent sur des informations arbitraires (débit, nombre de sauts ou champ TTL)
- Agrégation des communications : le **multicast** (un seul flux pour plusieurs destinataires) n'est pas encore intégré à tous les routeurs.
- Sécurité : **IPSec** a été ajouté pour assurer les fonctions de sécurité indispensables à un usage sur un réseau public (authentification, signature, confidentialité et intégrité).
- Prioritarisation (ou priorisation) des flux : le protocole **RSVP** (Resource Reservation Protocol) va permettre de donner un niveau de priorité à certains flux (payés en conséquence) pour un acheminement plus rapide.
- Qualité de service : (garantie de débit, de sécurité, de disponibilité, de rétablissement, etc). Elle est assurée par un travail sur le contenu de tout le paquet (niveaux 3, 4, 5 et 7) qui demande de la puissance de calcul sur les routeurs.

Toutes les évolutions d'IPv4 sont le fruit d'ajouts ou de compléments qui nécessitent une adaptation des matériels d'extrémité et de cœur de réseau. Leur déploiement prend du temps et ne suit pas l'évolution des besoins en temps réel. Pour prendre en compte ces nouvelles exigences, les concepteurs d'IPv6 ont décidé d'entreprendre un travail de mise à plat des améliorations apportées en les intégrant directement dans la nouvelle version, effaçant de fait les incompatibilités existant entre des protocoles apparus simultanément. En outre, l'organisation d'IPv6 permet l'intégration de nouveautés sans remise en cause de la structure, rendant l'évolutivité future plus simple. Mais la première action d'IPv6 est de reprendre la structure de l'adressage.

I L'adressage

IPv6 repose, en premier lieu, sur un adressage largement étendu par rapport à IPv4 : alors qu'on ne disposait que de 32 bits (4 octets) pour les adresses, les valeurs actuelles sont définies sur 128 bits (16 octets), portant le nombre d'adresses possibles à 3×10^{38} .

La taille de l'adressage a été revue, et, partant, la notation itou.

À présent, une adresse aura la forme `---:---:---:---:---:---:---/xx`

- la première moitié (4 mots de 16 bits) constitue l'adresse de réseau,
- les 64 bits suivants indiquent l'adresse de la machine
- la dernière partie nommée le **préfixe** (/xx) fournit l'équivalent du masque de réseau, permettant de distinguer des agrégats (préfixe <64) ou des sous-réseaux (préfixes > 64).

Pour ce qui est de la notation, une adresse aura donc la forme :

```
FEDC:123D:19A3:9453:FFE3:34E1:6543:9100
```

On notera que la séparation est représentée par « : » et non plus le point « . ».

Des simplifications existent pour éviter les écritures trop longues. Ainsi, dans un réseau `FEDC:123D:9341:0000/64`

```
La machine portant le numéro 0000:E234:05DC:1200
Pourra être représentée comme suit :
FEDC:123D:9341:0000:0000:E234:05DC:1200
Ou, dans une version simplifiée :
FEDC:123D:9341__::__E234:5DC:1200
```

Les suites de zéro consécutives seront compactées dans le double « :: ». Ce signe ne pourra cependant apparaître qu'une seule fois. Tous les zéros en début de partie de mot (4 valeurs hexadécimales) pourront aussi être supprimés.

L'adresse de la route par défaut (0.0.0.0 Masque 0.0.0.0 en IPv4) peut ainsi être résumée par `::/0` en IPv6.

Mais le plus important n'est pas cette notation, c'est la possibilité d'**agrégier des adresses** pour simplifier le routage

Plan agrégé

Trois niveaux peuvent être retenus, chacun pouvant être hiérarchisé par le biais du préfixe (qui joue le rôle du masque de sous/sur réseau) :

- **grands transporteurs (opérateurs télécom nationaux et internationaux)** : on leur donnera un adressage avec un préfixe sur 28 bits (c'est à dire que les 28 bits de poids fort sont fixés pour chacun d'entre eux). Ils pourront ensuite répartir leurs adresses réseau (il reste 36 bits) à un niveau inférieur, soit pour un usage personnel, soit en revendant des blocs d'adresses de manière agrégée
- **fournisseurs d'accès (opérateurs nationaux ou régionaux, FAI, etc)** : on leur attribuera une adresse `::/32` ou `::/36` par exemple. Il reste 16 ou 12 bits pour répartir leur plage auprès de leurs clients.
- **Site** : il s'agit des entreprises utilisatrices finales ou des FAI locaux. Les 16 bits de poids faible de la partie réseau sont affectés à cet usage. Selon la taille de l'entreprise (et l'achat réalisé auprès d'un organisme), elles pourront se voir fixer plus ou moins de valeurs (bits de poids fort)

de ces 16 bits), charge à elle de répartir le reste entre ses propres services.

Ce plan agrégé comportera deux parties sur les 64 bits de réseau :

- Les 48 bits de poids fort constituent une topologie publique, **attribuée par les organismes de l'internet**. Ils sont découpés selon la structure suivante
 - si une adresse relève d'un plan agrégé, elle commencera par la représentation **2000::/3** (adresses de 2000:0:0:0:0:0:0:0 à 3fff:ffff:ffff:ffff:ffff:ffff:ffff:ffff)
 - suivront 13 bits attribués par le NIC à un transporteur/opérateur : on parle d'une unité TLA (Top Level Aggregator)
 - le reste (24 bits), ou unité NLA (Next LA), est attribué par l'opérateur à un FAI
- les 16 bits de poids faible de la partie réseau définissent une topologie de site SLA (Site LA), attribuée par le FAI à d'autres FAI ou à des entreprises

3 bits			13 bits	8 bits	24 bits	16 bits	64 bits
0	0	1	TLA	Réservé	NLA	SLA	ID Hôte
Exemple pour un Grand transporteur : 3F4E::/24							
3F4E:			00	00:0000	0000		
Exemple pour un FAI alloué par ce transporteur : 3F4E:003B:C000::/40							
3F4E:			00	3B:C000	0000		
Exemple pour un gros client de ce FAI : 3F4E:003B:C0FF:1F00::/56							
3FE4:			00	3B:C0FF	1F00		
Exemple pour un petit client de ce FAI : 3F4E:003B:C040:0003::/64							
3FE4:			00	3B:C040:	0003		

Cela va simplifier les lignes de routage car l'on pourra faire du transport de FAI en Gros transporteur du fait que les routeurs sont capables de prendre en compte les adressages de réseau avec le préfixe (et non plus, comme en IPv4, seulement avec la notion de classe).

C'est ce qui avait été implémenté avec VLSM (Variable Length Subnet Mask) et son évolution CIDR (Classless Inter-Domain Routing) qui abandonnaient la notion de classe d'adresse au profit d'un **masque variable**.

Toutes les adresses ne sont cependant pas agrégées et l'on peut aussi utiliser une adresse /64 pour une entreprise standard. Des valeurs sont réservées aussi à des usages spécifiques.

Autres adresses

Elles reprennent en partie ce qui existait et le complètent.

Loopback

L'usage est le même que celui du 127.0.0.1. L'adresse de loopback en IPv6 se note ::1.

Adressage privé

L'adressage privé d'IPv4 aux valeurs 10.0.0.0, 172.16.0.0 à 172.31.0.0 et 192.168.x.0 est remplacé

par la notion de **site local**.

Les 48 bits de poids fort sont fixés à la configuration FC00::/7, les 16 bits suivants (SLA) sont disponibles pour opérer une segmentation.

Lien local

La notion de **lien local** correspond à un adressage standard permettant à des machines présentes sur un même lien physique (réseau Ethernet, lien PPP, extrémités d'un tunnel IPSec) de se trouver sur le même réseau sans avoir besoin d'utiliser des adresses publiques.

La partie réseau (sur 64 bits) est imposée au format **FE80::/64**, la partie machine est libre.

Cet adressage permet par exemple l'initialisation des communications DHCP, la découverte d'adressage réseau auprès des routeurs, etc. Il coexiste avec l'adressage public.

c'est l'équivalent de l'adressage **APIPA** sur IPv4.

Adresse IPv4

Pour garder la compatibilité avec IPv4, les adresses en w.x.y.z seront notées 0:0:0:0:w.x.y.z. On observera la notation pointée et pas avec ":", et l'absence d'identification réseau.

Multicast

L'adressage **multicast** permet d'adresser, en une seule opération, un même message à plusieurs destinataires abonnés à un groupe. En IPv6, il remplace l'adressage **broadcast** (des 1 sur la partie machine) trop lourd d'IPv4 et corrige les éléments du **multicast** (adresses 224.0.0.0) très peu utilisés.

La forme d'une adresse **multicast** est **FF::/8**.

8 bits	4 bits	4 bits	112 bits
FF	Drapeau	Portée	Numéro de groupe multicast

On précisera la portée de la diffusion selon les valeurs ci-contre.

Portée	
0	réservé
1	équipement
2	lien
5	site
8	organisation
E	global (équivalent au <i>broadcast</i>)
F	réservé

Le drapeau vaudra 0 si le groupe est une valeur permanente définie par un organisme d'internet, et 1

s'il s'agit d'un groupe temporaire.

Parmi les valeurs significatives, on trouvera notamment le groupe **All-Nodes-Group** identifié par **FF02::1/128**, équivalent d'un **broadcast** sur le lien physique où se situe une machine. Ainsi, toute machine doit être abonnée à ce groupe **multicast**.

Autre groupe obligatoire, il s'agit du **multicast** sollicité qui va servir aux machines à dialoguer au sein d'un réseau physique (voir plus loin).

Outre l'adressage, d'autres éléments ont été revus en IPv6, qui entraînent un changement du format de l'entête. **Tentative Address** (Adresse temporaire)

Lors de la configuration autonome, un poste doit se constituer une adresse de machine en essayant de ne pas être en conflit avec une adresse déjà présente sur le réseau. Deux possibilités permettent de déterminer cette adresse.

Adresse Universelle d'interface (EUI-64)

Elle est constituée à partir de l'adresse MAC (sur 6 octets, présentés ci-dessous de MAC6 à MAC1) de la manière suivante :

MAC6*	MAC5	MAC4	FFFE	MAC3	MAC2	MAC1
-------	------	------	------	------	------	------

*le 7ème bit de poids fort de MAC6 est positionné à 1 pour préciser qu'il s'agit d'une adresse universelle unique

Adresse calculée

Pour garder la confidentialité des utilisateurs et ne pas autoriser l'espionnage (une adresse MAC est unique !), l'adresse de démarrage peut être calculée de manière pseudo aléatoire en utilisant des fonctions de hachage appliquées sur l'adresse MAC et l'horloge système.

II Entête IPv6

Au delà de cet aspect visible, l'évolution d'IPv6 vise à améliorer le transfert des datagrammes sur le réseau grâce à un entête fondamentalement revu :

- disparition du checksum (contrôle d'intégrité sur les entêtes de niveau 3) qui devait être recalculé à chaque passage par un routeur. Cela permet d'augmenter la rapidité de transfert, et supprime un contrôle déjà opéré au niveau 2 et 4.
- une taille d'entête fixe de manière à simplifier l'accès à la partie données et l'extraction des informations à traiter par chaque intermédiaire. On pourra notamment utiliser des circuits électroniques en lieu et place de calculs logiques.
- retrait des options remplacées par des extensions : on ne les traite qu'au moment opportun

L'entête prend alors la forme suivante : **champ non modifié** *champ modifié* **élément nouveau**

Protocole (version 4)	Équivalent (version 6)	Fonction
Indication de redirection	Idem	permet l'optimisation de la circulation en cherchant un chemin moins coûteux en terme de sauts

De nouvelles fonctions ont été ajoutées :

- NUD (Neighbor Unreachability Detection), qui efface les adresses qui n'ont plus cours
- Découverte des préfixes, pour qu'un équipement construise son adressage à partir d'un dialogue avec le routeur
- Découverte des paramètres pour se caler sur les spécifications du réseau physique (taille des paquets) à partir de l'analyse des paquets d'échange

Un paquet ICMPv6 correspond à une extension dans un paquet IPv6 où le champ prochain entête est positionné à 58. Il est structuré comme suit :

8 bits	8 bits	16 bits	Variable
Type	Code (numéro pour différencier les types)	Checksum sur entête ICMP	Message ICMP

Le Type sera une valeur commençant par

- 0 sur le bit de poids fort s'il s'agit d'un message d'erreur
- 1 sur ce bit de poids fort s'il s'agit d'un message informationnel.

Les messages d'erreur

Avec ICMPv6, le protocole va fournir toutes les informations nécessaires pour faciliter le paramétrage des postes et la configuration des routeurs.

Mais pour ne pas saturer le réseau de messages d'erreur, on limitera leur envoi dans un taux contraint : toutes les 1000 ms ou en n'utilisant pas plus de 2% de la bande passante par exemple.

Destination inatteignable (Destination Unreachable) Type 1- Code 0-4

Autrefois, il fallait un ping pour repérer ce genre d'erreur. Maintenant, les messages ICMPv6 vont enrichir la notion en offrant plus de détail.

Le code pourra prendre les valeurs pages suivantes.

Code	Description
0	Aucune ligne de routage n'a été trouvée concernant la destination.
1	La communication avec le destinataire a été rejetée pour des question de stratégie. C'est typiquement le type d'envoi lorsqu'un paquet a été rejeté par un firewall.
2	L'adresse est au-delà de l'étendue de l'adresse source
3	Hôte inconnu. C'est le message de réponse lorsque la résolution d'adresse MAC n'a pu être opérée
4	Port de destination inatteignable. Fonctionne avec UDP, lorsque aucun service n'est en écoute sur le port demandé.

Paquet trop gros (Packet too big) Type 2 - Code 0

Lorsque l'on véhicule IPv6 sur un réseau, le paquet doit être dimensionné selon la taille supportée par l'infrastructure de niveau 1/2. Cependant, en passant au travers de réseaux multiples, la dimension tolérable (MTU : Maximum Transport Unit) n'est pas la même et il est nécessaire de prévenir l'émetteur d'adapter la taille de ces paquets pour éviter un redécoupage ou un rejet systématique.

Délai de la demande dépassé (Time Exceeded) Type 3 - Code 0 ou 1

Apparaît lorsque la valeur nombre de sauts (anciennement TTL) arrive à 0, suite à une boucle dans le routage ou à un nombre d'équipements à traverser trop important. Le code vaudra alors 0. une autre possibilité de dépassement est lorsque le ré-assemblage des divers paquets d'un même message est trop long. Le code vaudra alors 1.

Problème de paramétrage (Parameter Problem) Type 4 - code 0-2

Il s'agit d'erreurs dans les numéros de prochain entête ou dans la structure d'un paquet.

Les messages informationnels

Ils vont permettre aux machines de se tenir au courant de leur état de manière à détecter la présence ou la rupture de communication entre équipements.

Requête d'écho (Echo Request) Type 128 - Code 0

C'est l'équivalent du ping, permettant d'envoyer une sollicitation et de recevoir une réponse.

Réponse à écho (Echo Reply) Type 129 - Code 0

Il s'agit de la réponse à une sollicitation.

L'automatisation de la configuration

En plus de ces nouveautés, IPv6 apporte des fonctions complémentaires d'autoconfiguration, notamment pour l'apprentissage de l'adresse de l'équipement de manière autonome (Stateless Address Autoconfiguration, utilisant l'adresse Tentative Address décrite plus haut) ou avec le DHCPv6 (Stateful Autoconfiguration).

IV Conclusion

La généralisation d'IPv6 était prévue pour 2010. Elle est déjà partiellement opérationnelle et, ce qui est important, est compatible avec la version 4. Et, contrairement à cette dernière, elle anticipe largement les évolutions futures du réseau. Le site www.comprendre-ipv6.net donne des éléments de compréhension sur l'apparition et l'expansion d'IPv6 (raison, enjeux, technologie, etc).

From:

<https://wiki.sio.bts/> - **WIKI SIO : DEPUIS 2017**

Permanent link:

<https://wiki.sio.bts/doku.php?id=ipv6>

Last update: **2025/04/25 16:55**

