

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

École supérieure en informatique de Sidi Bel Abbès



Module: RÉSEAUX II

Chapitre 2 IP version 6

Adressage IPv6

Saturation IPv4

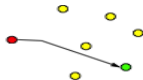
- Limitation en terme d'adressage 72 % des @ IPv4 au USA, 17% EU, ... (Vietnam 4 @ C)
- Limitation en terme de routage 150.000 entrées dans les TR du coeur de l'Internet en mars 2002 et 20% de plus chaque année
- Limitation en terme de fonctionnalités QoS, Sécurité, Mobilité, configuration automatique, multicast difficile
- 1500 IPV6 par M2

Adressage IPv6 (Types d'adresses)

- Unicast : une adresse pour chaque interface (équipement). Un paquet envoyé à une adresse unicast est délivré à une seule interface.
- Anycast : une adresse désigne un groupe d'interfaces. Un paquet envoyé à une adresse anycast est délivré à une des interfaces identifiées par l'adresse anycast.
- Multicast : une adresse désigne un groupe d'interfaces. Un paquet envoyé à une adresse multicast est délivré à toutes les interfaces identifiées par l'adresse multicast.

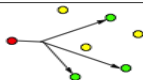
Adressage IPv6 (Types d'adresses)

Unicast



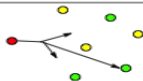
envoi d'une source à la destination correspondant à l'adresse

Multicast



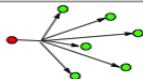
envoi d'une source à toutes les destinations correspondant à l'adresse

Anycast



envoi d'une source à l'une des destinations correspondant à l'adresse

Broadcast



envoi d'une source à tous. **N'existe pas en IPv6 !**

Adressage IPv6 (propriétés)

Une interface (un équipement, un ordinateur, ...) peut avoir plusieurs adresses de types éventuellement différents (unicast, anycast et multicast).

Broadcast (IPv4) absent, car pénalisant (traitement/chaque noeud même non concerné), Le multicast cible certains nœuds seulement, ce qui est plus économique.

Regrouper des adresses hiérarchiquement, par réseau, par fournisseur d'accès Internet, géographiquement, par société, etc. Ce qui diminue les tables de routage.

Adressage IPv6 (codage et type)

Le type d'une adresse est indiqué par les premiers bits de cette adresse.

Adresses globales de fournisseurs d'accès : préfixe = 010

Adresses globales géographiques : préfixe = 001

Adresses unicast sur lien local : préfixe = 1111 1110 10

Adresses multicast : préfixe = 1111 1111

Adressage IPv6 (structure d'@)

Préfixe	Sous-réseau	Interface
48 bits	16 bits	64 bits

Préfixe : champ Réseau dans
IPv4, Sous-réseau, Interface,

Adressage IPv6 (Notation)

Les adresses IP peuvent être écrites de trois manières :

une forme hexadécimale complète : X :X :X :X :X :X :X :X ou chaque X représente une valeur sur 16 bits ;

une forme hexadécimale abrégée qui ressemble à la forme précédente mais dans laquelle les valeurs X égales à 0 sont condensées comme dans l'exemple suivant (attention l'abréviation :: ne peut apparaître qu'une seule fois dans une adresse) : 1 :0 :0 :0 :0 :0 :0 :15 s'écrit en forme condensée 1 ::15 ;

Adressage IPv6 (Notation hexadécimale)

2001 :0000 :0000 :0001 :0000 :0000 :ac1f :8001

Ecriture hexadécimale, séparation par " : "

2001 :0db8 :0000 :85a3 :0000 :0000 :ac1f :8001

On peut :

Omettre des 0 à gauche :

"2001 :db8 :0 :85a3 :0 :0 :ac1f :8001"

Omettre des groupes :

"2001 :db8 : 0 :85a3 : : ac1f :8001"

Adressage IPv6 (Adresses particulières)

Les adresses IP peuvent être écrites de trois manières :

- Une adresse IPv6 qui contient une adresse IPv4 commence par une série de 96 bits à zéro.
- 0 :0 :0 :0 :0 :0 :0 :0 (ou : :) est appelée adresse non spécifiée. Elle ne doit être assignée à aucun nœud et ne peut être utilisée comme adresse de destination.
- 0 :0 :0 :0 :0 :0 :0 :1 (ou ::1) est appelée adresse de loopback (bouclage) et peut être utilisée par nœud pour s'envoyer un paquet à lui-même. Cette adresse est l'équivalent de l'adresse 127.0.0.1 dans IPv4.

Adressage IPv6 (sous-Réseaux)

Notation CIDR pour les réseaux : Première adresse du réseau suivie par un "/" et la taille en bits du champ réseau.

Le préfixe 2001 :db8 :1f89 : :/48 \Rightarrow @ de

2001 :db8 :1f89 :0 :0 :0 :0 :0 à 2001 :db8 :1f89 :ffff :ffff :ffff :ffff :ffff.

Le préfixe 2000 : :/3 \Rightarrow

2000 :0 :0 :0 :0 :0 :0 :0 à 3fff :ffff :ffff :ffff :ffff :ffff :ffff :ffff

Le préfixe fc00 : :/7 @

fc00 :0 :0 :0 :0 :0 :0 :0 à fdff :ffff :ffff :ffff :ffff :ffff :ffff :ffff

Le préfixe fe80 : :/10

fe80 :0 :0 :0 :0 :0 :0 :0 à febf :ffff :ffff :ffff :ffff :ffff :ffff :ffff

Adressage IPv6 (Exemples)

Préfixe	Description
:::/8	@ réservées
2000 : :/3	@ unicast routables sur Internet
fc00 : :/7	@ locales uniques
fe80 : :/10	@ locales lien
ff00 : :/8	@ multicast
:::128	@ non spécifiée (démarrage)
:::1/128	localhost, semblable à 127.0.0.1 en IPv4

Plan d'adressage (Adresses globales unicast)

- Adresses équivalentes aux adresses publiques IPv4, routables aussi bien dans un réseau privé que publique.
- La plage d'adresses 2000 : :/3 est réservée pour l'adressage publique (toutes les adresses commençant par les valeurs 2 et 3).
- Plusieurs manières de hiérarchiser les adresses IP ont été proposées.
- La dernière proposée à l'IETF (Internet Engineering Task Force) est dite "Aggregatable Global Unicast Address Format" ou plan d'adressage agrégé.
- Ce plan hiérarchise une adresse IP de la manière suivante :

Plan d'adressage (Adresses globales unicast)

001	TLA	NLA	SLA	Id Interface
	13 bits	32 bits	16 bits	64 bits

- un champ égal à 001 (pour indiquer une adresse unicast)
- TLA (Top Level Aggregator) : les TLA identifient les grands opérateurs internationaux,
- NLA (Next Level Aggregation) : les NLA identifient les opérateurs intermédiaires échangeant leur interconnectivité en des points d'interconnexion. NLA constitue un identificateur de site (ou domaine),
- SLA (Site Level Aggregator) : permet de hiérarchiser le plan d'adressage de site (d'effiner les sous- réseaux),
- identificateur d'interface.

Plan d'adressage (Adresses globales unicast)

Par exemple, une société se voit attribuer le préfixe 2001 : 0AD8 : 1234 : : /48, si elle respecte le principe d'identifiant hôte de 64 bits, il reste 16 bits pour les découpes de sous-réseaux.

FD Unique Local 8bits	AB : 0102 : AACE : Global ID (pseudo aléatoire) 40bits	0205 : Subnet ID 16 bits	0000 : 0000 : 0000 : 0001 Identifiant hôte 64 bits
-----------------------------	--	--------------------------------	--

Plan d'adressage (Adresses unicast de lien local)

- Ces adresses sont destinées à l'utilisation sur un lien unique pour des tâches telles que la découverte des voisins ou lorsqu'il n'y a pas de routeur.
- Leur utilisation est donc restreinte à un lien (par exemple, l'ensemble des machines reliées par un réseau Ethernet).
- Les routeurs ne doivent pas transmettre les paquets contenant ce type d'adresses.

1111111010	54 bits à zéro	Id d'interface (64 bits)
------------	----------------	--------------------------

Plan d'adressage (Adresses unicast de lien local)

Méthode EUI-64

”Extended Unique Identifier” ou ”identifiant unique étendu”

Une façon de former les adresses IPv6 de type unicast.

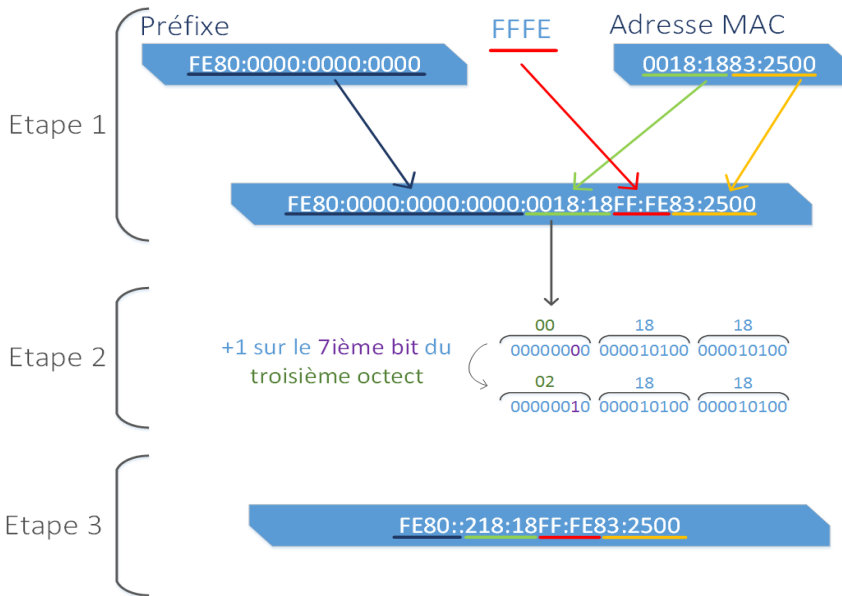
Se base sur l'adresse MAC de la carte réseau qu'elle utilise.

Permet à un hôte de s'attribuer à lui même une adresse IPv6.

C'est un plus par rapport à l'IPv4 qui nécessitait aux postes, pour avoir une IP afin de communiquer, de repérer un serveur DHCP et de lui demander un IP.

Trois étapes :

1. On prend le préfixe qui est "FE80 :0000 :0000 :0000" et l'adresse MAC de la carte réseau concernée. On les combine en prenant le préfixe + 3 premiers octets de l'adresse MAC + FFFE + 3 derniers octets de l'adresse MAC
2. On effectue une modification sur le septième bit du troisième octet,
3. On écrit l'adresse IPv6 finale en enlevant les "0" inutiles



Plan d'adressage (Adresses anycast)

- Un paquet destiné à une adresse anycast (à un ensemble d'interfaces) est délivré à l'interface la plus proche
- Les adresses anycast sont syntaxiquement indistinguables des adresses unicast.
- Lorsqu'une adresse unicast est attribuée à plus d'une interface, elle devient une adresse anycast
- le nœud auquel cette adresse est attribuée doit être configuré pour savoir qu'il s'agit d'une adresse anycast.

Plan d'adressage (Adresses anycast)

- Un usage prévu pour les adresses anycast est l'identification des groupes des routeurs appartenant à une entreprise fournissant un accès à Internet,
- L'expérience de l'utilisation large des adresses anycast reste pour le moment assez limitée.

Préfixe de sous-réseau (n bits)	128 - n bits à zéro
---------------------------------	---------------------

Plan d'adressage (Adresses anycast)

Deux modes de fonctionnement non exclusifs sont possibles.

1. Adresses anycast sur un même lien

- La même adresse unicast est attribuée à plusieurs serveurs. La station A envoie un message de sollicitation de voisin pour déterminer l'adresse MAC de l'équipement.
- Trois serveurs reçoivent cette requête et répondent.
- La station A prendra une de ces réponses et dialoguera en point-à-point avec l'équipement choisi.

2. Préfixe virtuel

- Une adresse anycast peut être aussi construite à partir d'un préfixe "virtuel", c'est-à-dire appartenant au site (ou même à un domaine plus grand), mais non alloué à un lien particulier.
- Le sous-réseau de ce préfixe est réservé aux adresses anycast.
- Les routeurs se chargent à travers leurs tables de routage d'acheminer les paquets anycast aux interfaces les plus proches.

Plan d'adressage (Adresses multicast)

Une adresse multicast identifie un groupe de nœuds (interfaces).

Un même nœud peut appartenir à plusieurs groupes multicast.

1111 1111	Flag (4 bits)	Scope (4 bits)	Identificateur de groupe (112 bits)
-----------	---------------	----------------	-------------------------------------

Flag (drapeau) : contient 0000 pour une adresse permanente et 0001 pour une adresse temporaire. Par exemple, une adresse multicast est allouée de manière temporaire à un ensemble de participants le temps d'une téléconférence.

Le champ Scope permet de garantir le confinement des paquets dans une zone

Plan d'adressage (Adresses multicast)

Contrairement aux autres types, les adresses multicast ne sont pas attribuées à interfaces, mais représentent un groupe d'interfaces cibles, dans un réseau local ou en dehors selon la portée de l'adresse.

La plage d'adresse FF00 :: /8 est réservée au multicast.

Plan d'adressage (Adresses multicast)

FF02 :: /16	Adresses multicast de portée locale
FF02 :: 1	Toutes les machines IPv6 du réseau local (remplaçant du broadcast).
FF02 :: 2	Tous les routeurs du réseau local.
FF02 :: 5	Tous les routeurs OSPFv3 du réseau local
FF02 :: 6	Tous les routeurs OSPFv3 DR/BDR du réseau local
FF02 :: 9	Tous les routeurs RIPng du réseau local
FF02 :: A	Tous les routeurs EIGRP du réseau local

Auto-configuration des adresses

- Pour s'adapter à des évolutions d'interconnexion pour plusieurs décennies, IPv6 est conçu pour faciliter la configuration automatique des adresses.
- Les capacités d'auto-configuration sont importantes, que l'allocation d'adresses soit géographique ou basée sur des fournisseurs d'accès.
- Il peut être, par moment, nécessaire de renuméroter les adresses des machines d'une organisation (suite à une délocalisation de l'entreprise, à un changement de fournisseur d'accès, etc.)

Auto-configuration des adresses

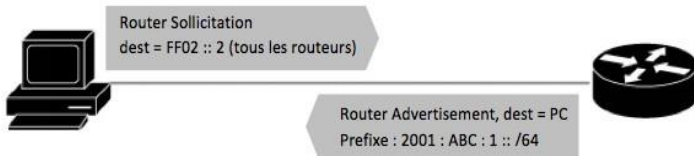
L'auto-configuration utilise le protocole NDP (Neighbor Discovery Protocol) de découverte de voisin.

C'est un protocole servant principalement à la résolution des adresses physiques en fonction d'une adresse IPv6 pour les tâches suivantes :

Auto-configuration des adresses (SLAAC)

State-Less Address Auto Configuration, messages du protocole NDP pour l'obtention du préfixe et de sa longueur auprès du routeur.

- PC émet un message NDP de type Router Sollicitation destiné à tous les routeurs (FF02 :: 2).
- Le router répond par un message Router Advertisement auquel il joint les informations relatives au préfixe et à sa longueur à utiliser sur le réseau.
- Le PC peut alors s'auto-configurer une adresse IPv6 en combinant le préfixe fourni et un identifiant hôte généré avec EUI-64 ou aléatoirement.



Auto-configuration des adresses (Router Discovery)

Découverte des routeurs présents dans le même réseau local.

PC émet un message NDP de type Router Sollicitation destiné à tous les routeurs (FF02 :: 2).

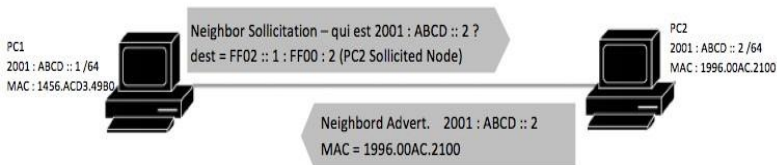
Le router répond par un message Router Advertisement destiné au PC et contenant entre-autre son adresse link-local.



Auto-configuration des adresses (Neighbor Discovery)

Obtention d'une adresse MAC en fonction d'une adresse IPv6
(équivalent ARP).

- PC1 émet un message Neighbor Solicitation destiné à l'adresse multicast "Solicited Node", dérivée de l'adresse unicast recherchée (FF02 :: 1 : FFXX : XXXX , ou les X représentent la valeur des 24 derniers bits de l'adresse unicast).
- PC2 répond par un message de type Neighbor Advertisement en fournissant l'adresse MAC correspondant à son adresse unicast.



Auto-configuration des adresses

1. Dans un scénario typique, un hôte débute le processus d'auto-configuration par s'auto-attribuer une adresse de lien local pour un usage temporaire.
2. Une fois que cette adresse est formée, l'hôte envoie un message ND vers cette adresse pour s'assurer qu'elle est bien unique.
3. Utilisant cette nouvelle adresse de lien local comme adresse source, l'hôte envoie une requête ND de sollicitation de routeur.
4. La sollicitation est envoyée en utilisant le service multicast.
5. Les routeurs répondent aux requêtes de sollicitation par un paquet qui contient l'intervalle des adresses valides pour le sous-réseau.

Format de paquet et fonctionnalités de IPv6

Les paquets IPv6 ont la forme générale suivante :

Entête IPv6 (40 octets)	Extension de l'entête (0 ou n octets)	PDU - niveau transport
----------------------------	--	------------------------

Format de paquet et fonctionnalités de IPv6

L'entête IPv6 a la forme suivante :

Version (4 bits)	Priorité (4 bits)	Indicateur de flux (24 bits)	
Longueur de données (16 bits)		Entête suivant (8 bits)	Nombre de sauts (8 bits)
Adresse source (16 octets)			
Adresse Destination (16 octets)			

Format de paquet et fonctionnalités de IPv6

- **Version** : égale à 6 pour IPv6
- **Priorité**: valeur de la priorité du paquet
- **Indicateur de flux** : utilisé pour marquer les paquets pour lesquels un traitement spécial doit être fait par les routeurs
- **Longueur de données** : longueur du reste du paquet (extension de l'entête et données de niveau transport)
- **Entête suivant** : identifie le type de l'entête qui suit l'entête IPv6, 6 = TCP 89 = OSPF
- **Nombre de sauts**: Ce nombre est appelé durée de vie (ou Time to Live) dans IPv4.

Format de paquet et fonctionnalités de IPv6

Paquet IPv6 (entête - Identificateur de flux)

- L'échange entre deux équipements, pour réaliser une tâche donnée (par exemple, l'envoi d'un film, une téléconférence, etc.) est modélisé par un flux de données ayant certaines caractéristiques.
- Un flux est identifié par une adresse source et un numéro de flux.
- Les caractéristiques d'un flux conditionnent le routage des paquets correspondant à ce flux.
- Un traitement spécial doit être déclaré pour chaque flux de paquet

Format de paquet et fonctionnalités de IPv6

Paquet IPv6 (entête - Identificateur de flux)

- Les traitements associés aux flux particuliers sont généralement définis au moyen des extensions de l'entête.
- Les routeurs doivent mémoriser les numéros des Identificateurs de flux qui les traversent pour servir, le plus possible, de la même manière les paquets associés à un même flux.
- Le champ Priorité et Identificateur de flux devraient être pris en compte par les routeurs pour garantir une certaine qualité de service selon les besoins des applications.