

IPv6 : Internet Protocol version 6

Généralités:

- Protocole de niveau 3 (couche Réseau)
- Successeur du protocole IPv4
- Protocole standard défini dans la RFC 2460

Types de communications IPv6:

- Unicast (de un à un)
- Multicast (de un à plusieurs)
- Anycast (de un au plus proche)

Remarque : Il n'y a plus de broadcast en IPv6 !!!

Points forts (par rapport à IPv4):

- Nombre d'adresses plus important ($3,4 \times 10^{38}$ adresses).
- Distribution des adresses en fonction des besoins et de la localisation géographique.
- Implémentation native du multicast (optionnel en IPv4) et de la sécurité (IPsec).
- Support accru pour la mobilité (roaming).
- En tête de protocole simplifié et mieux structuré.

En-tête IPv6 de base

Version	Traffic Class	Flow Label	Payload Length	Next Header	Hop Limit
Source IPv6 (128bits)					
Destination IPv6 (128bits)					

- Version : version du protocole (4 bits).
- Traffic Class : gestion de qualité de service (8 bits).
- Flow Label : marquage de flux pour traitement différencié dans le réseau (20 bits).
- Payload Length : taille du contenu en octets (16 bits).
- Next Header : identification de l'entête suivant (8 bits).
- Hop Limit : durée de vie du paquet, décrémente d'une unité à chaque passage par un routeur. Le paquet est détruit si la valeur tombe à 0 (8 bits).

Méthodes d'attribution d'adresses

- Configuration statique
- Attribution par Statefull DHCP (DHCP traditionnel, fourni la configuration IPv6 complète de l'interface).
- Attribution par Stateless DHCP (Auto-configuration de l'interface selon le préfixe annoncé par le routeur. Seule les options sont fournies par le serveur DHCP).

IPv6 : Internet Protocol version 6

Adresses IPv6

- Adresses codées sur 128 bits, exprimées en 8 groupes de 4 caractères hexadécimaux séparés par « : ».
- L'identifiant réseau de l'adresse est nommé préfixe. La longueur du préfixe, sous la forme de /x, indique le nombre de bits dans l'identifiant réseau de l'adresse.
- Exemples :
 - 2001 : 0AB8 : 3409 : COAB : 0001 : AEFB : FE00 : C801 /64 (exemple d'adresse globale)
 - FE80 : 0000 : 0000 : 0000 : 021C : 2BFF : FE49 : ABCD (exemple d'adresse link-local)

Écriture simplifiée des adresses IPv6

- **Règle n°1** : Les groupes complets de 0 consécutifs peuvent être remplacés par « :: », une seule fois dans l'adresse.
- **Règle n°2** : Les 0 non significatifs ne doivent pas être écrits.

Exemple :

Adresse complète : 2001 : ABCD : 0000 : 0000 : 0ADE : 0000 : 0123 : C891

Règle n°1 : 2001 : ABCD :: 0ADE : 0000 : 0123 : C891

Règle n°2 : 2001 : ABCD :: ADE : 0 : 123 : C891

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 par l'IANA pour l'adressage publique (toutes les adresses commençant par les valeurs 2 et 3).

Format standard:

2001 : 0AD8 : 1234 : Préfixe global 48bits	0205 : Subnet ID 16 bits	0000 : 0000 : 0000 : 0001 Identifiant hôte 64 bits
--	--------------------------------	--

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.

Remarque :

Le subnetting IPv6 respecte la même logique qu'en IPv4. Les adresses d'un même réseau ont le même identifiant réseau (appelé préfixe). La longueur du préfixe donnée en /x définit le nombre de bits de l'identifiant réseau.

IPv6 : Internet Protocol version 6

Adresses « Unique Local » Unicast

Adresses équivalentes aux adresses privées IPv4, routables uniquement au sein d'un réseau privé. La logique de subnetting correspond aux adresses globales, mais le préfixe « unique local » n'est pas géré globalement.

Les adresses « unique local » font partie de la plage FD00 :: /8 (toute adresse qui commence par FD).

Format standard:

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
-----------------------------	--	--------------------------------	--

Le principe de subnetting des adresses « unique local » suit la même logique que les adresses globales. Le Global-ID est à choisir arbitrairement pour l'ensemble du réseau privé.

Adresses « Link-local »

Adresses ne fonctionnant qu'au sein du réseau local (au sens strict du terme, à savoir les machines dans le même subnet, dans le même domaine de diffusion, dans le même vlan...), ces adresses ne sont pas routables. Elles sont utilisées par les machines pour certains protocoles (protocole de routage, Neighbor Discovery, ...).

Format:

FE80 : 0000 : 0000 : 0000 : Link-local 64bits	0000 : 0000 : 0000 : 0001 Identifiant hôte 64 bits
---	--

Une interface pour laquelle on active IPv6 se génère automatiquement une adresse link-local, soit en générant les 64bits hôtes aléatoirement, soit en utilisant la méthode EUI-64 (voir ci-dessous).

Méthode EUI-64

Méthode de génération d'un identifiant de 64 bits basé sur l'adresse MAC d'une interface.

Adresse MAC de base : 0001 : ACE1 : 000C 48bits de l'adresse MAC

Ajout de 16 bits (FF:FE) : 0001 : ACFF : FEE1 : 000C 64bits

Inversion du 7^e bit : 0201 : ACFF : FEE1 : 000C EUI-64 terminé

Binaire : 0000 0010 0000 0001

IPv6 : Internet Protocol version 6

Adresses Multicast

Contrairement aux autres types, les adresses multicast ne sont pas attribuées à des 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.

Adresses multicast particulières:

FF02 :: /16	Adresses multicast de portée locale
FF02 :: 1	Toutes les machines du réseau local (remplaçant du broadcast). Toute interface fonctionnant en IPv6 rejoint ce groupe.
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
FF02 :: 1 : FF00 :: / 104	« Solicited Node multicast address » Adresse multicast dérivée d'une adresse configurée sur l'interface concernée

Remarque :

Une trame ethernet qui véhicule un paquet IPv6 multicast aura généralement une adresse MAC destination multicast IPv6 sous la forme 3333.xxxx.xxxx (adresse MAC IPv6).

Adresses particulières

:: / 128	Adresse IPv6 indéterminée, utilisée par une machine pour remplir une information d'adressage quand elle n'en dispose pas encore (ex : requête DHCP).
:: 1 /128	Adresse loopback IPv6 (équivalent de 127.0.0.1 en IPv4)
:: / 0	Toute la plage d'adresses IPv6, utilisé pour la configuration d'une route par défaut, par exemple.

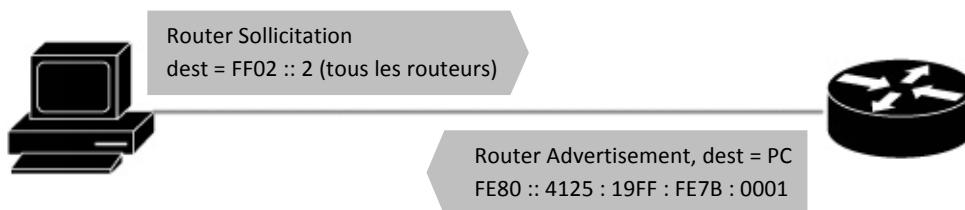
IPv6 : Internet Protocol version 6

IPv6 Neighbor Discovery Protocol

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

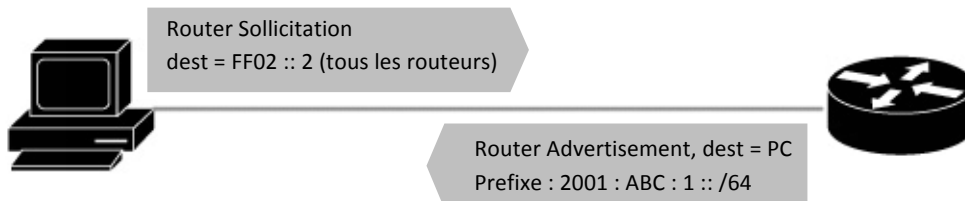
- SLAAC : State Less Address Auto Configuration, messages du protocole NDP pour l'obtention du préfixe et de sa longueur auprès du routeur.
- Router Discovery : Découverte des routeurs présents dans le même réseau local.
- Duplicate Address Detection : Détection de duplication d'adresse dans le réseau local.
- Neighbor Discovery : Obtention d'une adresse MAC en fonction d'une adresse IPv6 (équivalent ARP).

Router Discovery



1. PC émet un message NDP de type Router Solicitation destiné à tous les routeurs (FF02 :: 2).
2. Le router répond par un message Router Advertisement destiné au PC et contenant entre-autre son adresse link-local.

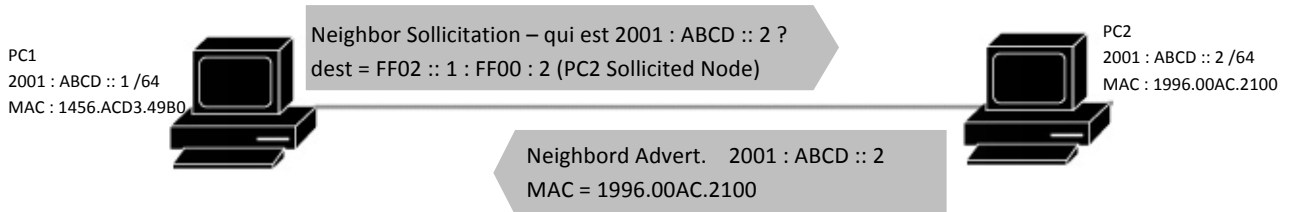
SLAAC (Utilisé pour l'auto-configuration)



1. PC émet un message NDP de type Router Solicitation destiné à tous les routeurs (FF02 :: 2).
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.
3. Le PC peut alors s'auto-configurer une adresse IPv6 en combinant le préfixe fourni et un identifiant hôte généré en EUI-64 ou aléatoirement.

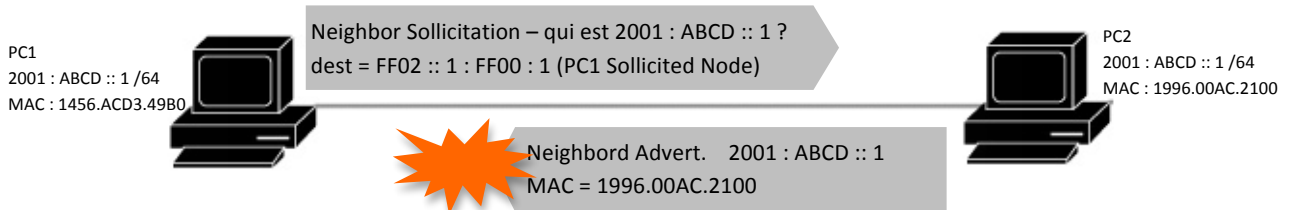
IPv6 : Internet Protocol version 6

Neighbor Solicitation



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

Duplicate Address Detection (DAD)



1. PC1 émet un message Neighbor Solicitation pour sa propre adresse.
2. PC2 répond par un message de type Neighbor Advertisement en fournissant son adresse MAC pour la même adresse unicast.
3. PC1 détecte alors que l'adresse est déjà en cours d'utilisation, vu qu'une autre machine que lui répond à la sollicitation.

IPv6 : Internet Protocol version 6

Implémentation d'IPv6

Activation d'IPv6 sur une interface spécifique

```
R1(config)#interface fastEthernet 0/0
R1(config-if)#ipv6 enable
R1(config-if)#no shutdown
```

Autorise la configuration d'adresses IPv6 sur l'interface concernée, et provoque la génération d'une adresse link-local.

```
R1#show ipv6 interface fastEthernet 0/0
FastEthernet0/0 is up, line protocol is up
  IPv6 is enabled, link-local address is FE80::C200:1FF:FEE7:0
  No Virtual link-local address(es):
  No global unicast address is configured
  Joined group address(es):
    FF02::1 ————— Groupe multicast « Tous les hôtes>
    FF02::1:FFE7:0 ——— Groupe multicast « Sollicité node »
  MTU is 1500 bytes
  ICMP error messages limited to one every 100 milliseconds
  ICMP redirects are enabled
  ICMP unreachable are sent
  ND DAD is enabled, number of DAD attempts: 1
  ND reachable time is 30000 milliseconds
R1#
```

Activation du routage IPv6

```
R1(config)#ipv6 unicast-routing
```

Active les fonctionnalités de routage unicast IPv6, les interfaces actives en IPv6 rejoindront également le groupe multicast FF02::2 (tous les routeurs du réseau). Sans cette commande le routeur se comporte comme un simple hôte IPv6.

```
R1#show ipv6 interface fastEthernet 0/0
FastEthernet0/0 is up, line protocol is up
  IPv6 is enabled, link-local address is FE80::C200:1FF:FEE7:0
  No Virtual link-local address(es):
  No global unicast address is configured
  Joined group address(es):
    FF02::1
    FF02::2 ————— Groupe multicast « Tous les routeurs »
    FF02::1:FFE7:0
```

<suite de l'affichage omis par souci de brièveté>

IPv6 : Internet Protocol version 6

Configuration d'une adresse unicast IPv6 manuelle (hors link-local ou anycast)

```
R1(config)#interface fastEthernet 0/0
R1(config-if)#ipv6 address 2001:ABCD::1/64
```

Configure statiquement une adresse unicast. Ici les 128 bits de l'adresse sont définis.

```
R1#show ipv6 interface fastEthernet 0/0
FastEthernet0/0 is up, line protocol is up
IPv6 is enabled, link-local address is FE80::C200:1FF:FEE7:0
No Virtual link-local address(es):
Global unicast address(es):
2001:ABCD::1, subnet is 2001:ABCD::/64
Joined group address(es):
FF02::1
FF02::2
FF02::1:FF00:1
FF02::1:FFE7:0
```

Groupe multicast « Solicited Node »
correspondant à l'adresse unicast globale

<suite de l'affichage omis par souci de brièveté>

Configuration d'une adresse unicast IPv6 EUI-64 (hors link-local ou anycast)

```
R2(config)#interface fastEthernet 0/0
R2(config-if)#ipv6 address 2001:ABCD::/64 eui-64
```

Configure l'adresse unicast globale selon la méthode EUI-64, 2001:ABCD::, suivi de l'identifiant EUI-64 dérivé de l'adresse MAC de l'interface.

```
R2#show interface fastEthernet 0/0 | include bia
Hardware is Gt96k FE, address is c001.01e7.0000 (bia c001.01e7.0000)
R2#
R2#show ipv6 interface fastEthernet 0/0
FastEthernet0/0 is up, line protocol is up
IPv6 is enabled, link-local address is FE80::C201:1FF:FEE7:0
No Virtual link-local address(es):
Global unicast address(es):
2001:ABCD::C201:1FF:FEE7:0, subnet is 2001:ABCD::/64 [EUI]
Joined group address(es):
FF02::1
FF02::2
FF02::1:FFE7:0
```

<suite de l'affichage omis par souci de brièveté>

IPv6 : Internet Protocol version 6

Affichage de la table des voisins IPv6 («équivalent table ARP en IPv4»)

```
R1#show ipv6 neighbors
IPv6 Address                               Age Link-layer Addr State
Interface
FE80::C201:1FF:FEE7:0                     1 c001.01e7.0000 STALE Fa0/0
2001:ABCD::C201:1FF:FEE7:0                1 c001.01e7.0000 STALE Fa0/0

R1#
```

Configuration d'une adresse link-local

```
R2(config)#interface fastEthernet 0/0
R2(config-if)#ipv6 address FE80::2 link-local
```

Configure statiquement l'adresse link-local de l'interface.

```
R2#show ipv6 interface fastEthernet 0/0
FastEthernet0/0 is up, line protocol is up
IPv6 is enabled, link-local address is FE80::2
No Virtual link-local address(es):
Global unicast address(es):
  2001:ABCD::2, subnet is 2001:ABCD::/64 [EUI]
Joined group address(es):
  FF02::1
  FF02::2
  FF02::1:FF00:2
```

<suite de l'affichage omis par souci de brièveté>

Lorsque l'adresse link-local est configurée manuellement, elle modifie la valeur de l'EUI-64 également, modifiant ainsi l'adresse globale de l'interface si celle-ci utilise le format eui-64.

Affichage sommaire des interfaces IPv6

```
R1#show ipv6 interface brief
FastEthernet0/0 [up/up]
  FE80::C200:1FF:FEE7:0
  2001:ABCD::1
FastEthernet0/1 [administratively down/down]
R1#
```

Configure statiquement l'adresse link-local de l'interface.

IPv6 : Internet Protocol version 6

Configuration d'une route statique IPv6

```
R1(config)#ipv6 route 2001:1234:1234:1234::/64 2001:ABCD::2
```

Configure une route statique vers le subnet 2001:1234:1234:1234 ::/64 utilisant 2001 :ABCD ::2 comme next-hop.

```
R1#show ipv6 route
```

IPv6 Routing Table - 4 entries

Codes: C - Connected, L - Local, S - Static, R - RIP, B - BGP

U - Per-user Static route, M - MIPv6

I1 - ISIS L1, I2 - ISIS L2, IA - ISIS interarea, IS - ISIS summary

O - OSPF intra, OI - OSPF inter, OE1 - OSPF ext 1, OE2 - OSPF ext 2

ON1 - OSPF NSSA ext 1, ON2 - OSPF NSSA ext 2

D - EIGRP, EX - EIGRP external

```
S 2001:1234:1234:1234::/64 [1/0]
   via 2001:ABCD::2
```

```
C 2001:ABCD::/64 [0/0]
   via ::, FastEthernet0/0
```

```
L 2001:ABCD::1/128 [0/0]
   via ::, FastEthernet0/0
```

```
L FF00::/8 [0/0]
   via ::, Null0
```

```
R1#
```

Configuration d'une route statique IPv6 en utilisant l'adresse link-local du next-hop

```
R1(config)#ipv6 route 2001::/64 fastEthernet 0/0 FE80::2
```

```
R1#show ipv6 route
```

IPv6 Routing Table - 5 entries

Codes: C - Connected, L - Local, S - Static, R - RIP, B - BGP

U - Per-user Static route, M - MIPv6

I1 - ISIS L1, I2 - ISIS L2, IA - ISIS interarea, IS - ISIS summary

O - OSPF intra, OI - OSPF inter, OE1 - OSPF ext 1, OE2 - OSPF ext 2

ON1 - OSPF NSSA ext 1, ON2 - OSPF NSSA ext 2

D - EIGRP, EX - EIGRP external

```
S 2001::/64 [1/0]
   via FE80::2, FastEthernet0/0
```

```
S 2001:1234:1234:1234::/64 [1/0]
   via 2001:ABCD::2
```

```
C 2001:ABCD::/64 [0/0]
   via ::, FastEthernet0/0
```

```
L 2001:ABCD::1/128 [0/0]
   via ::, FastEthernet0/0
```

```
L FF00::/8 [0/0]
   via ::, Null0
```

```
R1#
```