



# Technologie IPv6



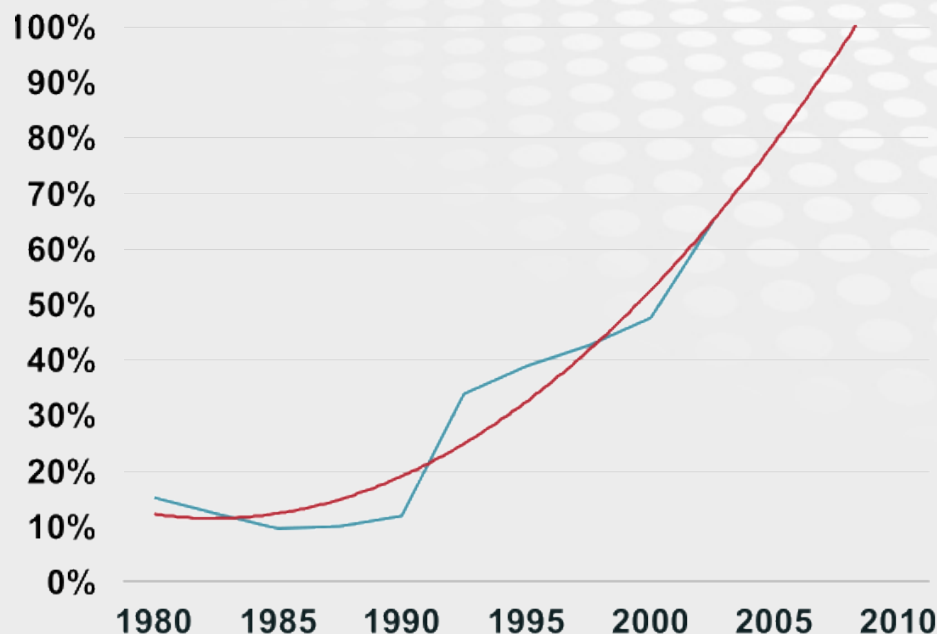
## Pourquoi un nouveau system IP ?

- Pour comprendre les problèmes d'adressage IP auxquels sont confrontés de nos jours les administrateurs réseau, sachez que IPv4 offre environ 4 294 967 296 adresses uniques.
- Parmi ces adresses, seules 3,7 milliards peuvent être attribuées car IPv4 sépare les adresses en classes et réserve des adresses pour la multidiffusion, tests et d'autres usages spécifiques.
- En janvier 2007, environ 2,4 milliards d'adresses IPv4 avais déjà été attribuées.
- **Depuis fin 2011 plus aucune adresse IPv4 n'est disponible !**
- Il y a tellement d'adresses IPv6 disponibles que des BILLIONS d'adresses pourraient être attribuées à **chaque personne** sur la planète.
  - Il y a environ 665 570 793 348 866 943 898 599 adresses par mètre carré de la surface planétaire !



# Pourquoi un nouveau system IP ?

## Ipv6 Features



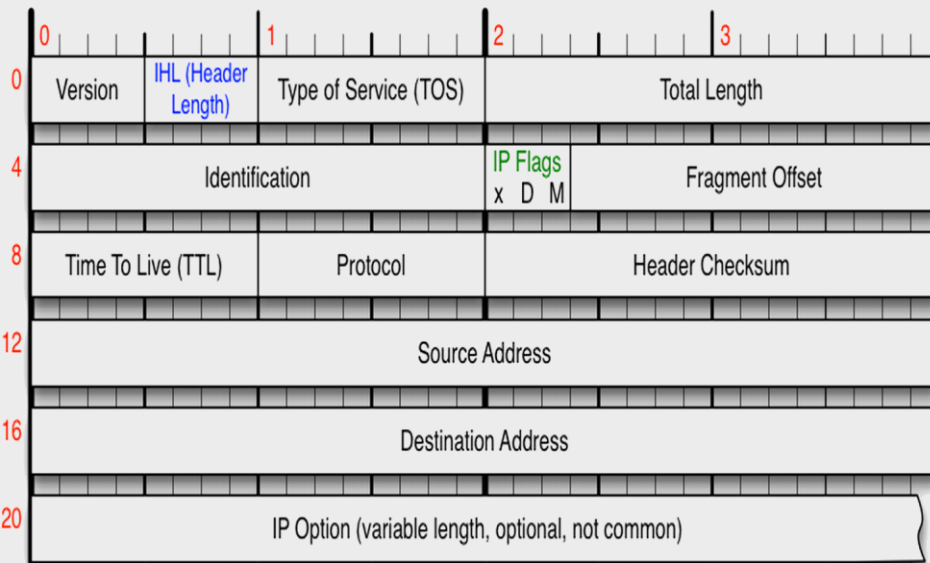
- ❑ En plus Ipv6 offre de nombreuses améliorations par rapport à IPv4:
- Configuration IP automatique
  - Compatible RFC IP mobile
  - Aucune diffusion
  - Étiquetage de flux
  - EtcEtc...
  - Bout en bout sans NAT
  - IPsec natif pour IPv6
  - Aucune somme de contrôle
  - Agrégation
  - Découverte des voisins



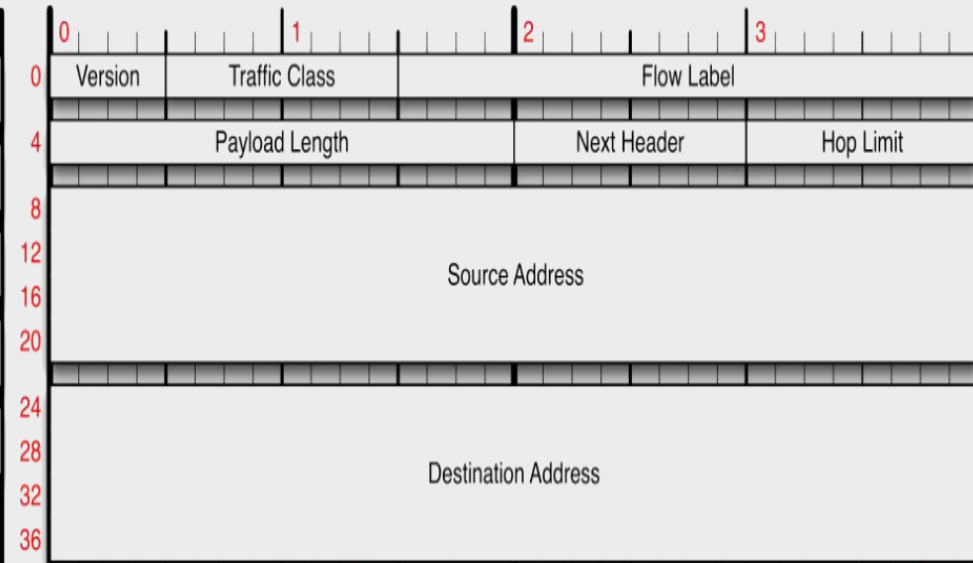
## Structure d'en-tête simplifiée d'IPv6

- L'en-tête d'IPv4 compte 20 octets avec 12 champs d'en-tête, suivis d'un champ d'options.
- L'en-tête d'IPv6 compte 40 octets avec 8 champs d'en-tête.

IPv4 Header



IPv6 Header



❑ Seuls les champs *Version* et *Address* sont présent dans les deux versions IP.



# Adressage IPv6

## Représentation

- Étant donné leur taille de 128bits, les adresses IPv6 doivent être représentées en hexadécimal :
- ✓ **Huit groupes** de 4 caractères hexadécimaux (16 bits par groupe)
- ✓ Nombres séparé par le symbole « : »
- ✓ Nombres **non** sensibles a la case.

▪ Exemple: 2001:0db8:0000:130f:0000:0000:087c:140b

1<sup>er</sup> 2<sup>ème</sup> 3<sup>ème</sup> 4<sup>ème</sup> 5<sup>ème</sup> 6<sup>ème</sup> 7<sup>ème</sup> 8<sup>ème</sup>

### ➤ Abréviations possibles:

❖ Les zéros en début de nombre peuvent être omis:

▪ Exemple: :0**bd8**: deviens :**bd8**: et :0000: deviens :0:

❖ Des block remplis de 0 continus peuvent êtres représenté par « :: »

▪ Exemple: 2001:0db8:0000:130f:0000:0000:087c:140b

▪ Deviens: 2001:0db8:0000:130f::087c:140b

❑ L'opération n'est possible qu'une seule fois par IP !



# Adressage IPv6

Représentation du masque.

- La représentation du Masque IPv6 est identique a celle utilisé par CIDR.
- Ipv4 adresse
  - 192.168.1.1/24
- IPv6 adresse
  - 2001:db8:12::/48
- Loopback adresse
  - 0:0:0:0:0:0:0:1 peut devenir: ::1 (identique a 127.0.0.1 en IPv4)
- Adresse indéterminée
  - 0:0:0:0:0:0:0:0 peut devenir: ::

# IPv6: Modèle d'adressage

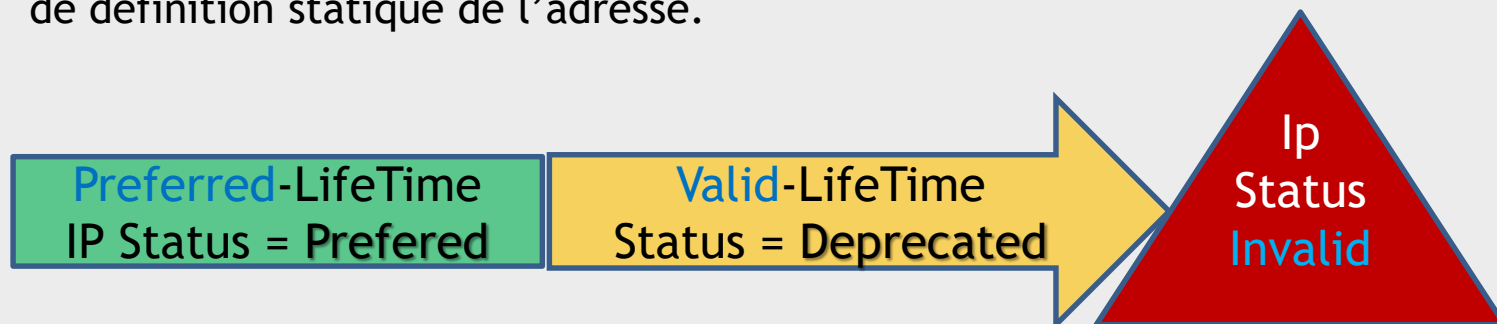
- Les adresse IPv6 sont assignés aux interfaces NIC 😊.
- Une interface « s'attend » à avoir plusieurs adresses IPv6.

- Les diverses adresses IPv6 on un « champ d'action »

- Link local (Segment Lan/apipa)
- Unique local (Site/Privé)
- Global (world Wide)



- Les adresses on un « temps de vie » (lifetime) qui est infini par défaut.
- Il y a 2 autres types de lifetime que l'on peut définir: *preferred* et *valid*.
  - Elles peuvent être configurés sur les routeurs (autoconfig) ou spécifiés en cas de définition statique de l'adresse.





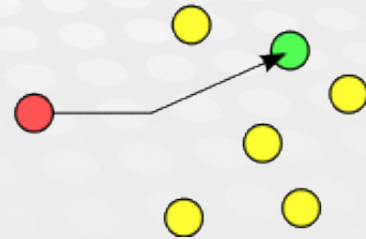
# Types d'adresse IPv6

## Type de communications pour les Adresses IPv6

- Plus aucun Broadcast !

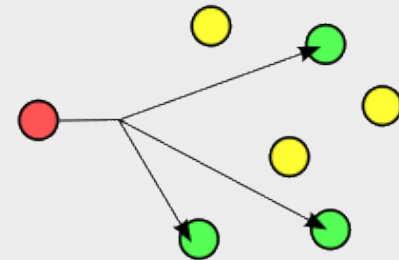
- Unicast

- Adresse pour une interface unique. Livraison « One-to-one ».



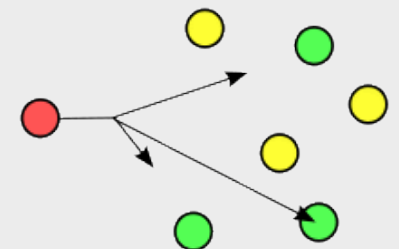
- Multicast

- Adresse pour un groupe d'interfaces. Livraison "One-to-many".



- Anycast

- Adresse d'un groupe d'interfaces. Livraison "One-to-one-of-many".
  - Les périphériques partagent la même adresse, les routeurs décident du device le plus proche pour délivrer le paquet.
  - C'est une Global-Unicast assignée à un ensemble d'interface.






# IPv6: Modèle d'adressage

Reconnaitre les Types d'Adresses IPv6

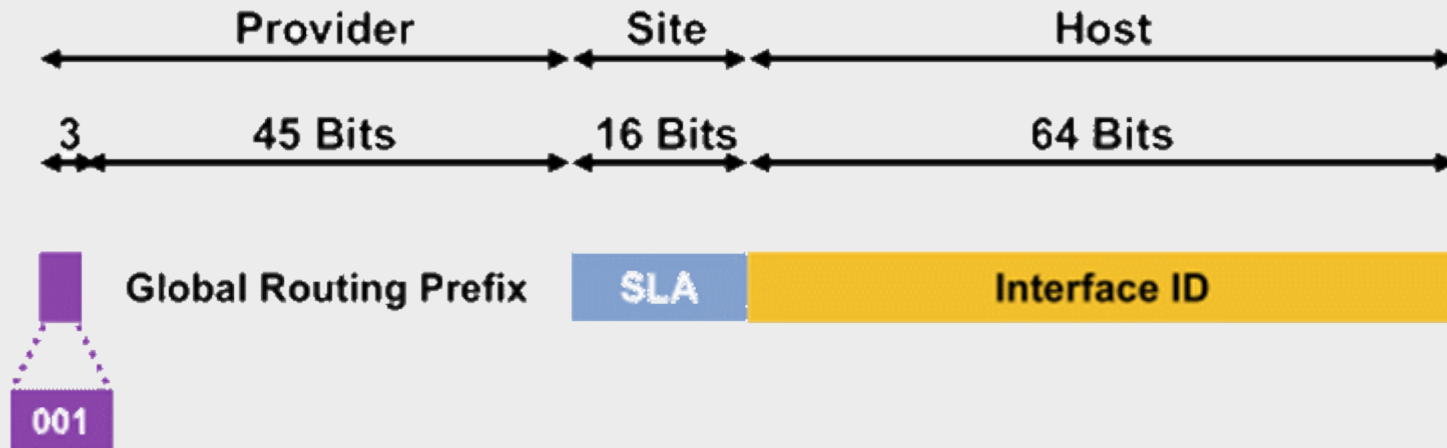
- Tout comme pour IPv4, on peut deviner les types d'adresses:

Type	Binaire	Hex
Global Unicast Address (Aggregatable)	0010..	2000 à 3FFF
Link-Local (Unicast Address)	1111 1110 10	FE80::/10 (to FEB)
Site-Local Address	1111 1110 11	FEC0::/10 (to FEF)
 Unique Local (Unicast Address)	1111 1100 1111 1101	FC00::/7 FC00::/8 (Registry) FD00::/8 (No Registry)
Multicast Address	1111 1111	FF00::/8

# Types d'adresse IPv6

## Global Unicast Address (et Anycast) /64

- Les Adresses *Global Unicast* sont:
  - Des adresses d'utilisation générique d'IPv6. Elle sont définies par : un préfixe global, un ID de subnet et un ID d'interface.
  - Elles **sont publiques et uniques** a chaque périphérique !
  - Structurées comme une hiérarchie pour pouvoir garder les agrégats/routes vers ISP.

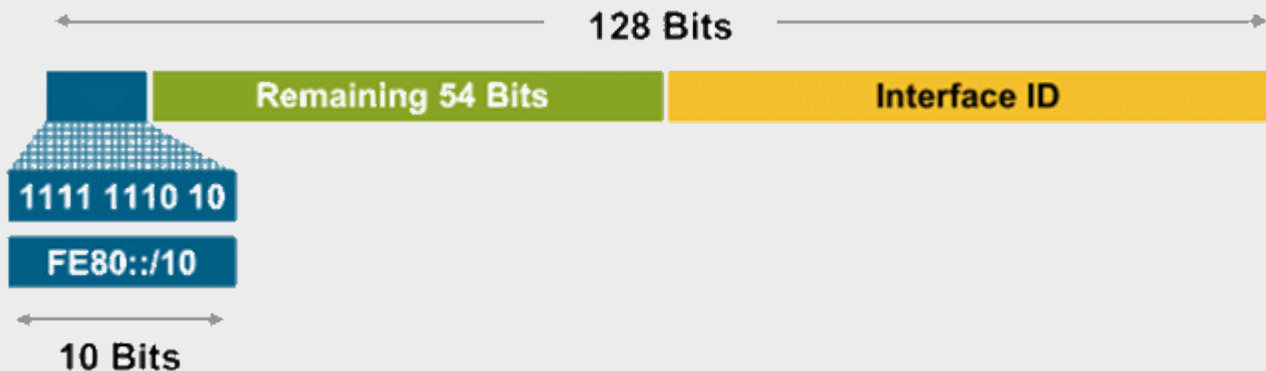




# Types d'adresse IPv6

## Link Local Address (Unicast Address) /64

- Les adresses *Link Local* sont utilisées comme:
  - Adresse obligatoire pour communiquer entre deux Devices IPv6 sur un même lien (ressemble a l'APIPA IPv4).
  - Ont une étendue relative au lien(Segment).
  - Assigné automatiquement dès que IPv6 est actif.
  - Utilisé pour le calcul « Next-Hop » des protocoles de routage.
  - Sont générées automatiquement.
  - Les 54 bits restants peuvent êtres a zéro ou à une valeur configurée manuellement





# Types d'adresse IPv6

## Site-Local Address

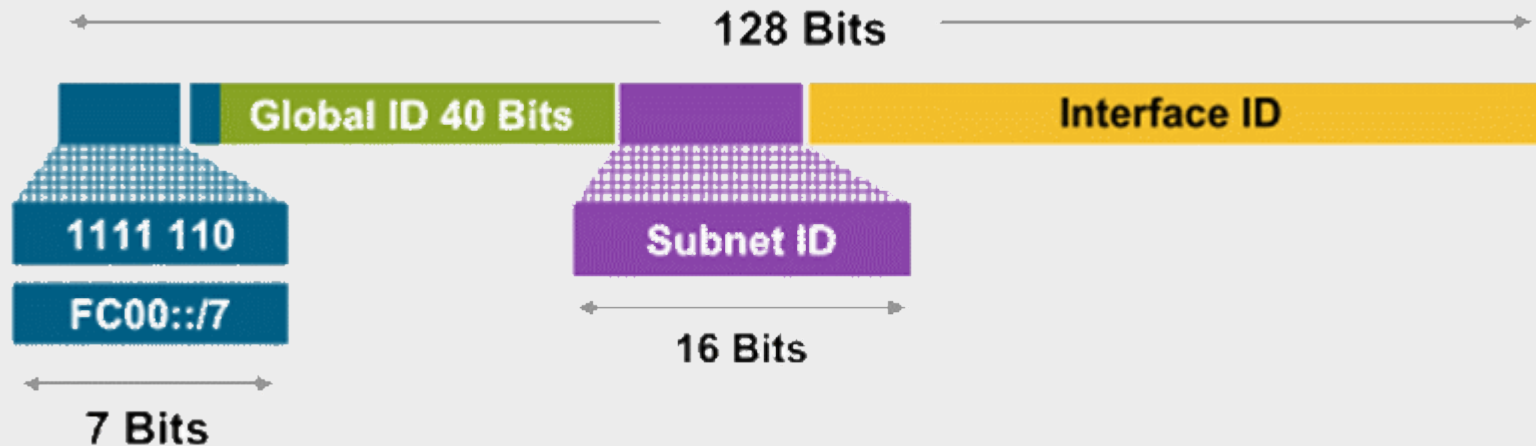
- Les Adresses *Site-Local* sont:
  - « Semblables » aux adresses privées IPv4.
  - L'étendue correspond à l'ensemble d'un site ou d'une organisation.
- ❑ L'utilisation d'adresses locales-sites pose problème et est désapprouvée depuis 2003 par le document RFC 3879.
- ❑ Elles sont remplacées par les adresses **Unique-Local**



# Types d'adresse IPv6

## Unique Local Address (Unicast Address) /64

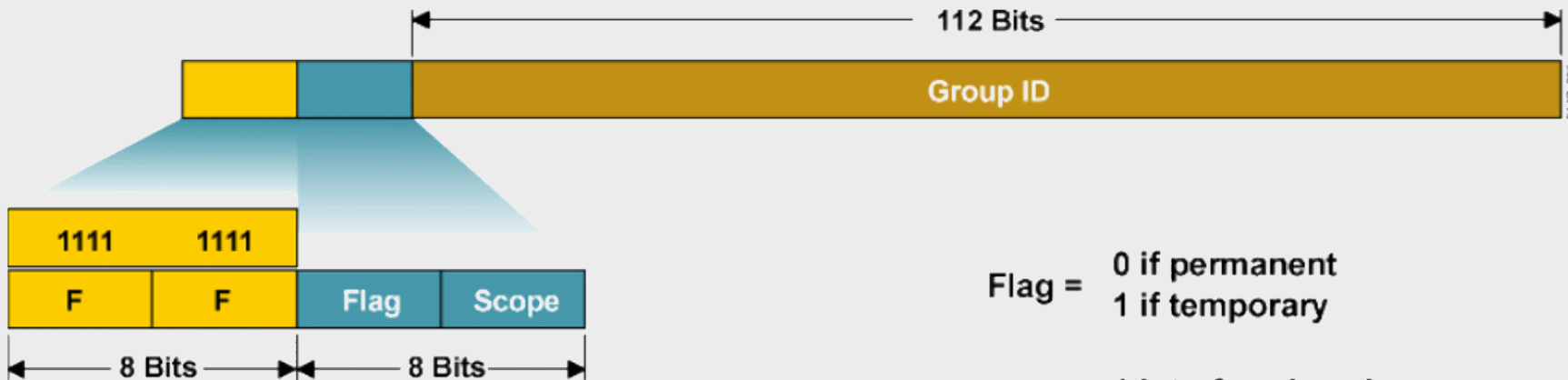
- Les adresses Unique Local sont utilisées pour:
  - Les communications Locales Inter-Lan.
  - VPN inter-sites.
  - Elles ne sont **pas routables** sur Internet !



# Types d'adresse IPv6

## Multicast Adresses /16

- Les adresses Multicast sont fréquemment utilisés en Ipv6, elle remplace les Broadcast.
- Elles peuvent avoir divers champs d'action selon le besoin:



Flag =  
0 if permanent  
1 if temporary

Scope =  
1 Interface-Local  
2 Link-Local  
3 Subnet-Local  
4 Admin-Local  
5 Site-Local  
8 Organization  
E Global



# Types d'adresse IPv6

## Multicast Adresses

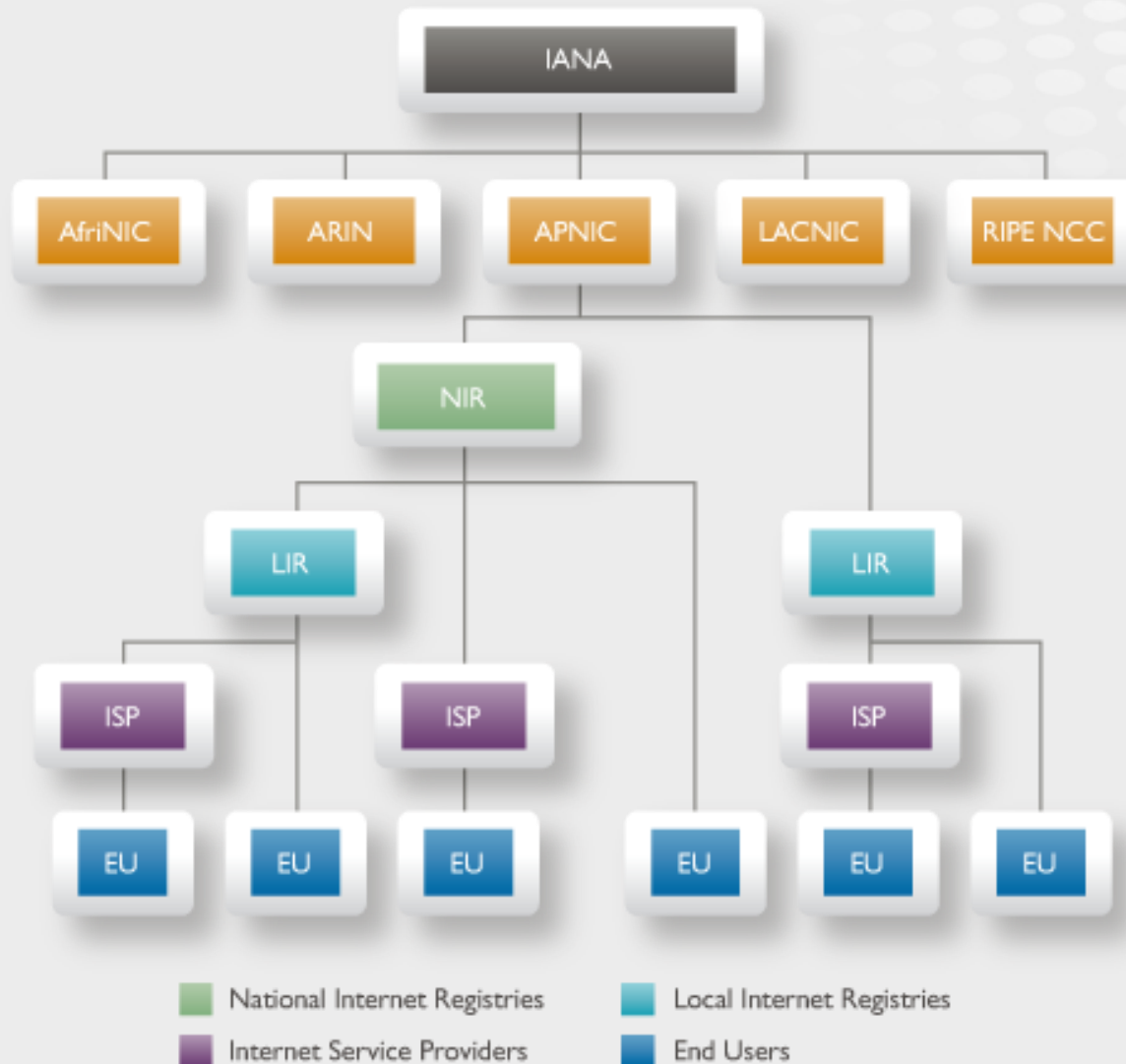
- Certaines adresses Multicast sont intéressantes a connaitre 😊

	Meaning	Scope
FF02::1	All nodes	Link-local
FF02::2	All routers	Link-local
FF02::9	All RIP routers	Link-local
FF02::1:FFXX:XXXX	Solicited-node	Link-local
FF05::101	All NTP servers	Site-local

# Processus d'allocation d'adresse IPv6

## Distribution des adresses IPv6

- IANA distribue les enregistrements IPv6 aux RIR

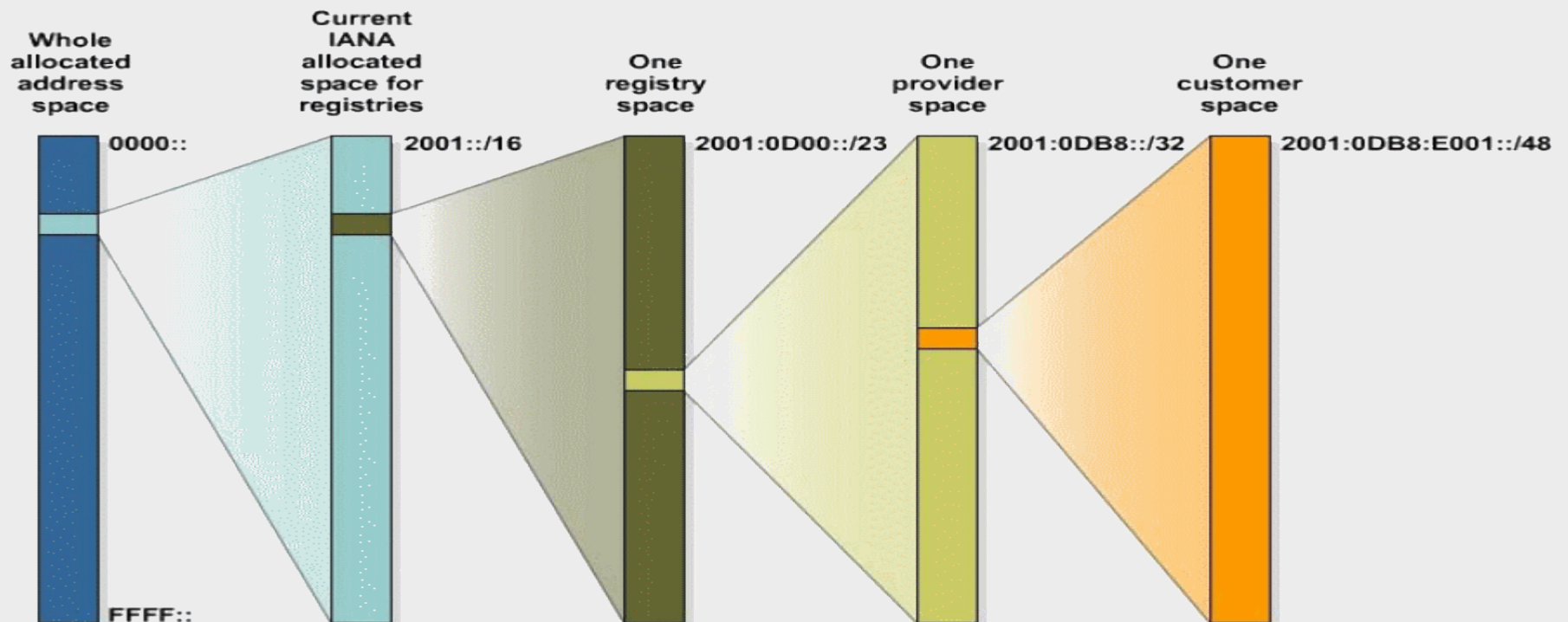
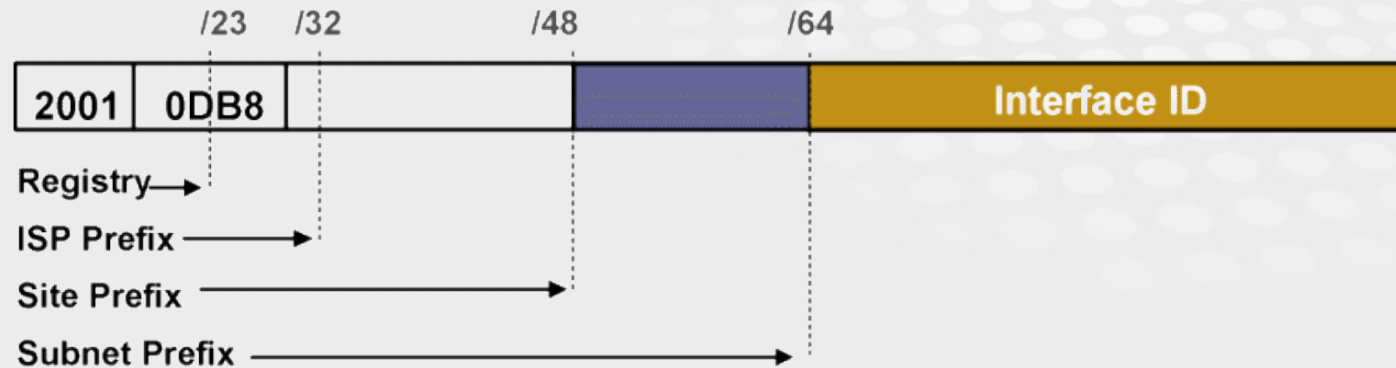






# Processus d'allocation d'adresse IPv6

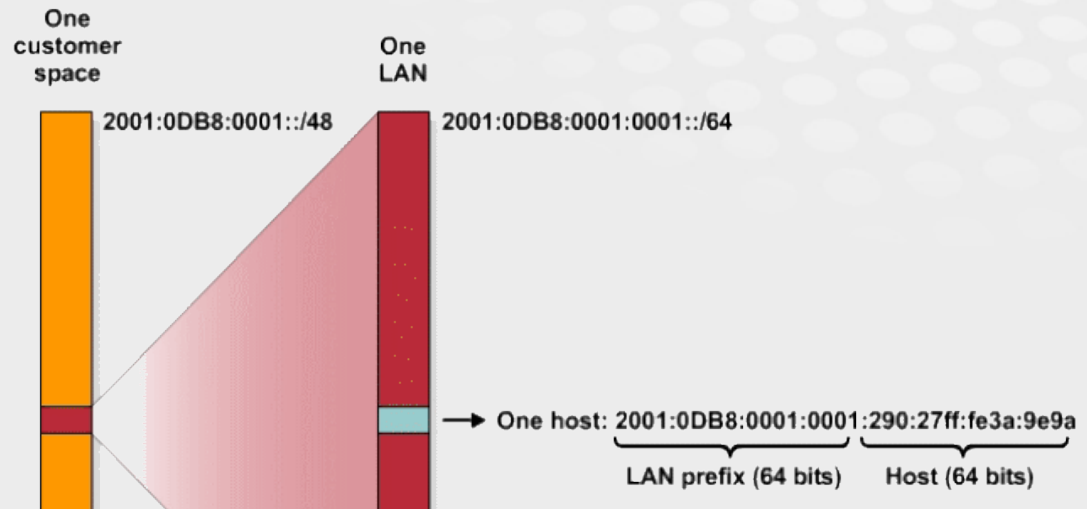
Portion actuelle allouée(enregistrée)



# Processus d'allocation d'adresse IPv6

Portion actuelle allouée(enregistrée)

- Les 64 derniers bit d'une adresse sont les bits « pc » et peuvent être assignés de plusieurs manières:



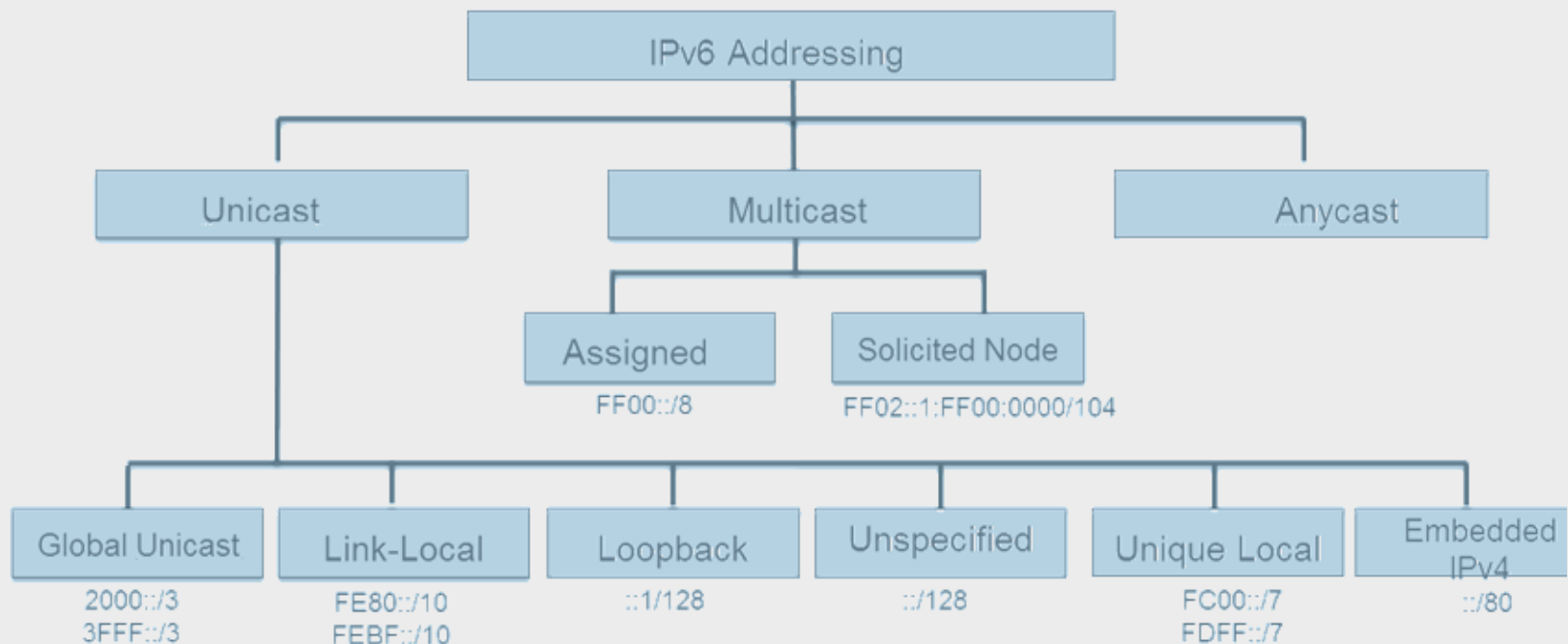
- Statiquement:
  - EUI-64, étendue à partir de la MAC Adresse 48bits de la carte
  - Configurés statiquement
- Dynamiquement:
  - Auto-configurés (ICMPv6 stateless)
  - Assignés par DHCP



# Types d'adresse IPv6

Une interface peut avoir plusieurs adresses, IE:Unicast,Anycast,Multicast.

- Chaque interface doit avoir au minimum une Loopback.
- Une **Link-local** unique est généré automatiquement pour chaque interface.
- Les adresses **Global-Unicast** et **Link-Local** sont deux types Unicast dont les administrateurs ont besoin pour la gestion des réseaux.

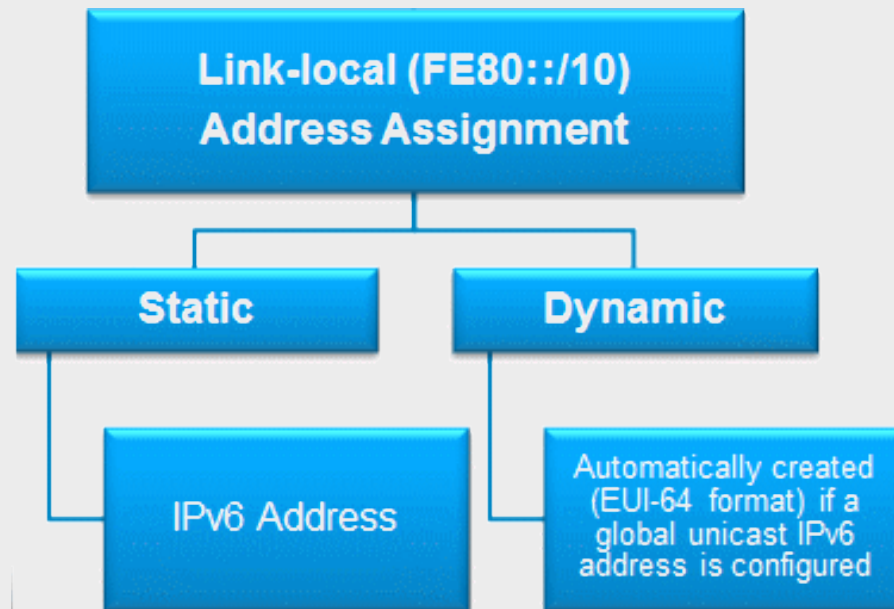




# Types d'adresse IPv6

## Link-Local

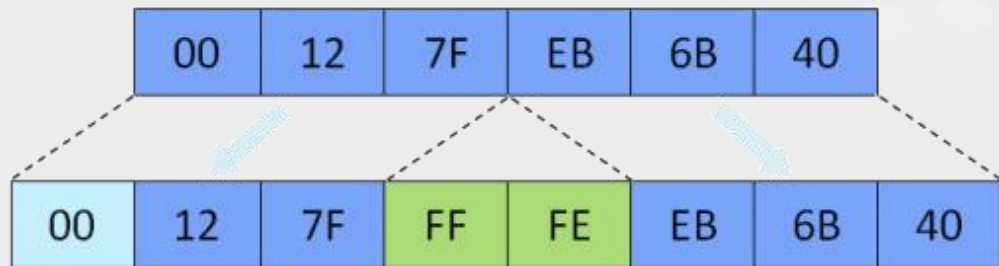
- Elles sont créées automatiquement pour chaque interface.  
Soit avec EUI-64 (Cisco) ou avec un pseudo-numéro « token » (Microsoft).
- Elles ne sont valables que sur le lien (segment) local.



# Processus d'allocation d'adresse IPv6

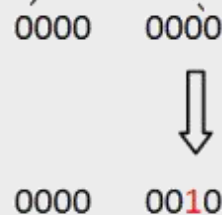
## EUI-64 Allocation Process

- Cisco utilise le format EUI-64 pour l'auto-configuration d'une adresse Link-Local (ou Link-global).
- Ce format étend les 48bits de l'adresse MAC à 64bits en ajoutant la valeur 0xFFFE au milieu de la MAC.



Le bit « U »nique est mis a un :

- 1 Global Scope
- 0 Local Scope



2001:67c:1220:3



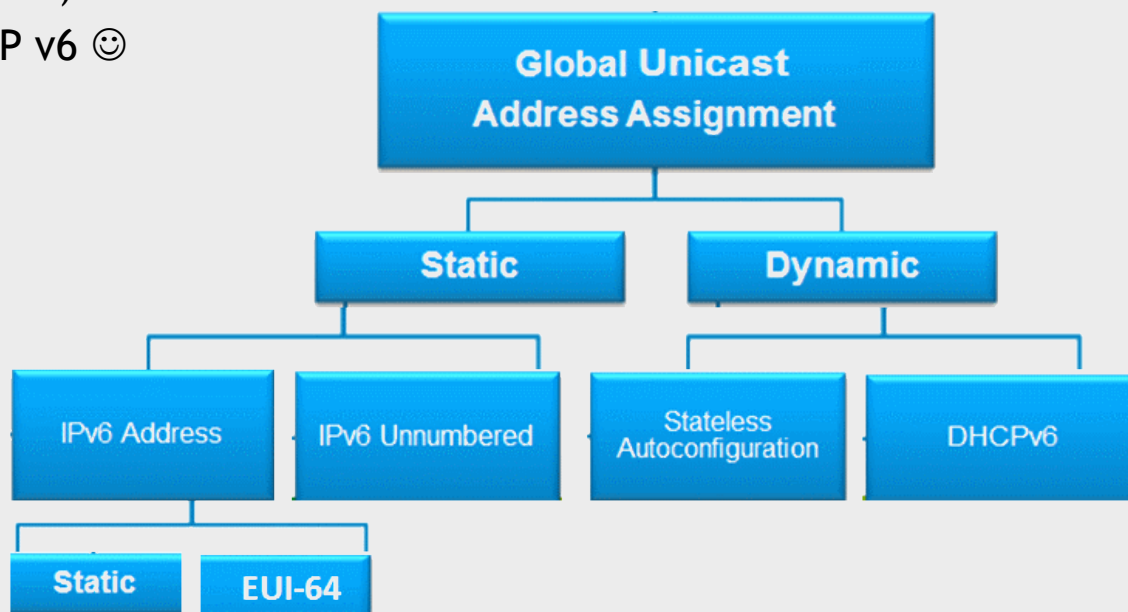


# Types d'adresse IPv6

Ce qu'il faut retenir.

## Global-Unicast

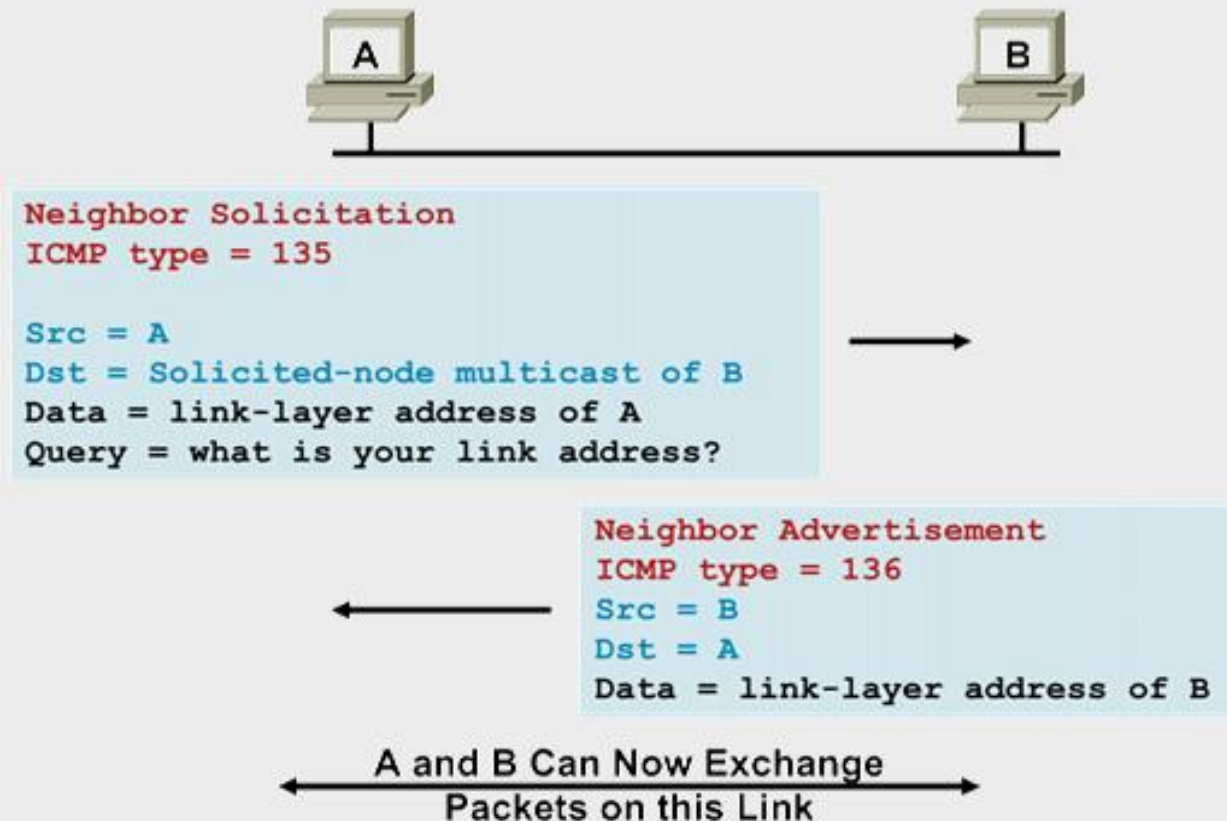
- Un adresse “utilisable” débutera toujours par 2001::/16 (actuellement).
- Les IP Global sur une interface sont définie soit:
  - ❑ Manuellement:
    - ✓ L'admin la définit a la main.
    - ✓ L'admin configure l'interface pour qu'elle génère une IP sur base de la Link-local.
  - ❑ Dynamiquement:
    - ✓ Stateless: Utilise ICMPv6 pour obtenir le préfixe et créer la Global (sur base de la local).
    - ✓ DHCP v6 😊



# Processus d'allocation d'adresse IPv6

## Autoconfig ICMPv6 (stateless)

- La version Ipv6 de ICMP permet d'échanger des messages de découverte d'host avec NDP (Neighbor Discovery Protocol). Cela permet de déterminer l'adresse Link-Local d'un voisin sur le même segment réseau (Local-Link).

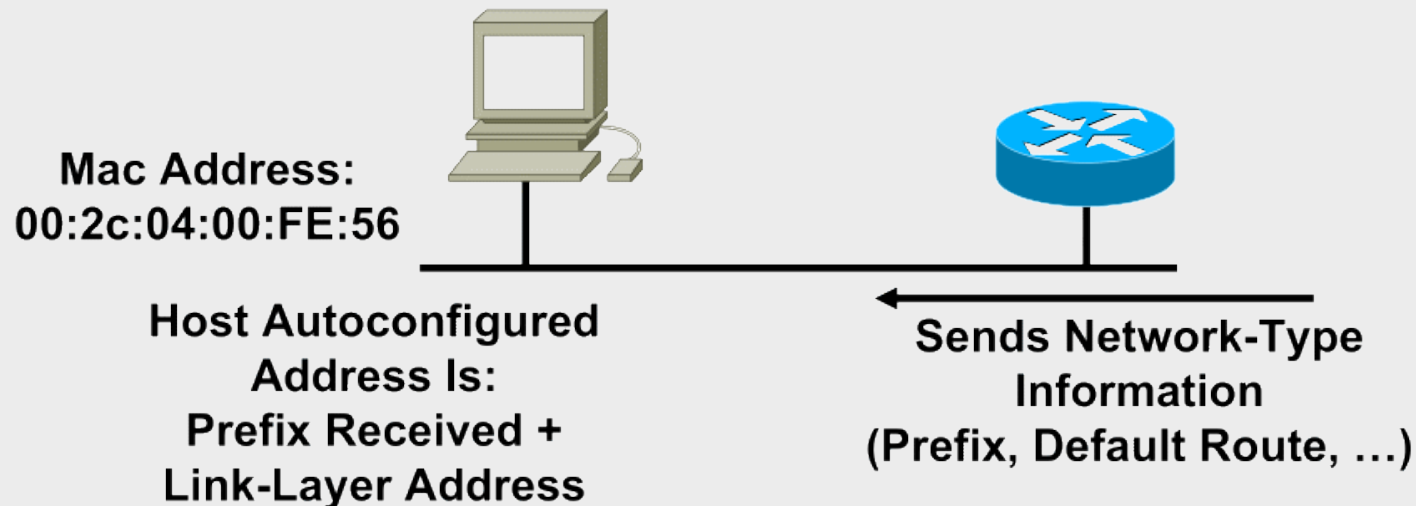




# Processus d'allocation d'adresse IPv6

## Autoconfig ICMPv6 (stateless)

- NDP permet également aux nodes de générer une adresse IPv6 complète (global= prefix+link adress) à partir des informations reçues d'un routeur configuré au préalable.







# Processus d'allocation d'adresse IPv6

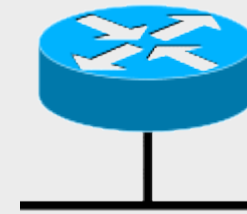
## Commandes principales

- **(config) ipv6 unicast-routing**  
Active l'IPv6 Unicast routing sur un Router/Switch Cisco.
- **(config-if) IPv6 enable**  
Active IPv6 sur l'interface (Cisco IOS génèreras une link-local avec EUI-64 !)
- **(config-if) ipv6 address X:X:X:X::X/**  
Définit une IPv6 sur l'interface.
- **(config-if) ipv6 address autoconfig**  
Choisir le mode autoconfig pour cette interface.
- **(config-if) ipv6 nd prefix x:x:x:x::/x [yyy zzz]**  
Configuration du préfixe à annoncer dans les annonces NDP.  
Les deux autres valeurs facultatives représentent les timers *preferred* et *valid*.

# Processus d'allocation d'adresse IPv6

## Exemple Manual/static

```
ipv6 unicast-routing
!
interface FastEthernet0/0
 ip address 10.151.1.1 255.255.255.0
 ip pim sparse-mode
 duplex auto
 speed auto
 ipv6 address 2006:1::1/64
 ipv6 enable
 ipv6 nd ra-interval 30
 ipv6 nd prefix 2006:1::/64 300 300
!
r1#sh ipv6 int fast0/0
FastEthernet0/0 is up, line protocol is up
 IPv6 is enabled, link-local address is FE80::207:50FF:FE5E:9460
Global unicast address(es):
 2006:1::1, subnet is 2006:1::/64
Joined group address(es):
 FF02::1
 FF02::2
 FF02::1:FF00:1
```

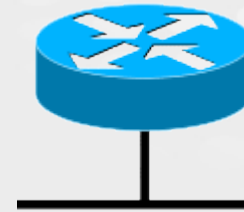


**MAC Address : 0007.505e.9460**

# Processus d'allocation d'adresse IPv6

## Exemple Manual/EUI-64

```
ipv6 unicast-routing
!
interface FastEthernet0/0
 ip address 10.151.1.1 255.255.255.0
 ip pim sparse-mode
 duplex auto
 speed auto
 ipv6 address 2006:1::/64 eui-64
 ipv6 enable
 ipv6 nd ra-interval 30
 ipv6 nd prefix 2006:1::/64 300 300
!
```



```
r1#sh ipv6 int fast0/0
FastEthernet0/0 is up, line protocol is up
 IPv6 is enabled, link-local address is FE80::207:50FF:FE5E:9460
 Global unicast address(es):
   2006:1::207:50FF:FE5E:9460, subnet is 2006:1::/64
 Joined group address(es):
   FF02::1
```

**MAC Address : 0207.505E.9460**



# IPv4 to IPv6 Transition



# IPv4-IPv6 Transition/Coexistence

## Vue globale

- On peut classer les diverse techniques de transition en 3 catégories
  - **Dual-stack** , IPv4 et IPv6 coexiste sur les mêmes périphériques/réseaux
  - **Tunneling**, permet d'encapsuler un protocole IP dans un autre (IPv6 to IPv4)
  - **Translation**, *NAT-PT* solution temporaire et complexe orientée NAT.



# IPv4-IPv6 Transition/Coexistence

Vue globale

## Dual Stack

- When a network is configured as dual stack, each device on the network is configured with both an IPv4 address and an IPv6 address, the idea being that once all the devices have implemented IPv6, the IPv4 part of the network will be depreciated.
- This method is common for businesses looking to slowly convert their existing devices from IPv4 to IPv6. These companies can configure their routing infrastructure to support both IPv4 and IPv6 but bring their other network devices over to IPv6 at a slower pace.
- It is also possible for individual devices to be configured as dual stack and use one of the tunneling technologies discussed in the next section.



# IPv4-IPv6 Transition/Coexistence

Vue globale

## Tunneling

- Many different tunneling methods are available. Which one to use depends on the specific implementation details.

Méthode	Suggested Usage
Manual	Provide a point-to-point IPv6 link over existing IPv4 network; only supports IPv6 traffic.
GRE	Provide a point-to-point IPv6 link over existing IPV4 network; supports multiple protocols, including IPv6.
6to4	Provide a point-to-multipoint IPv6 link over existing IPv4 network; Sites must use IPv6 addresses from the 2002::/16 range.
6rd (or 6RD)	Provide a point-to-multipoint IPv6 link over existing IPv4 network; Sites can use IPv6 addresses from any range.
ISATAP	Provide point-to-multipoint IPv6 links over existing IPv4 network. Designed to be used between devices inside the same site.



# IPv4-IPv6 Transition/Coexistence

## Vue globale

### Translation

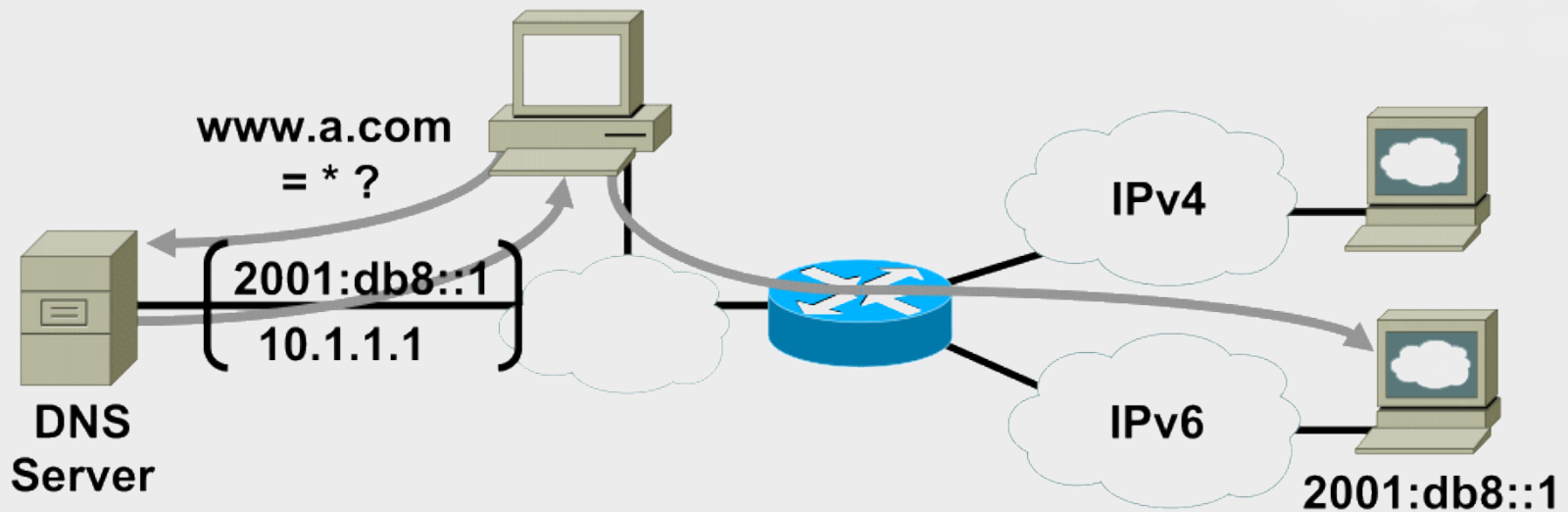
- IPv6 translation technologies differ from IPv6 tunneling technologies; this is because the translation technologies enable IPv4-only devices to speak to IPv6-only devices, which is not possible with any of the tunneling methods.
- However, IPv4/IPv6 translation and IPv4-only translation entail a certain amount of complexity. What happens when an IPv6-only device is attempting to communicate with a device on the public IPv4 Internet and only an IPv4 DNS record (A) exists? In these situations, a secondary technology is required to work.
- The first method to be introduced to provide IPv6 translation services was NAT-PT, a mechanism to not only translate IPv4 to IPv6 but also to provide translation for (ICMP), (FTP), and (DNS). The component responsible is called the application layer gateway (ALG).
- The ALG piece of the NAT-PT method raised a number of issues. a new method was introduced that separated the address translation functionality and the application layer translation functionalities: NAT64 and DNS64.
- DNS64 can synthesize IPv6 address resource records (AAAA) from IPv4 resource records (A); it does this by encoding the returned IPv4 address into a IPv6 address format.



# IPv4-IPv6 Transition/Coexistence

## DUAL STACK

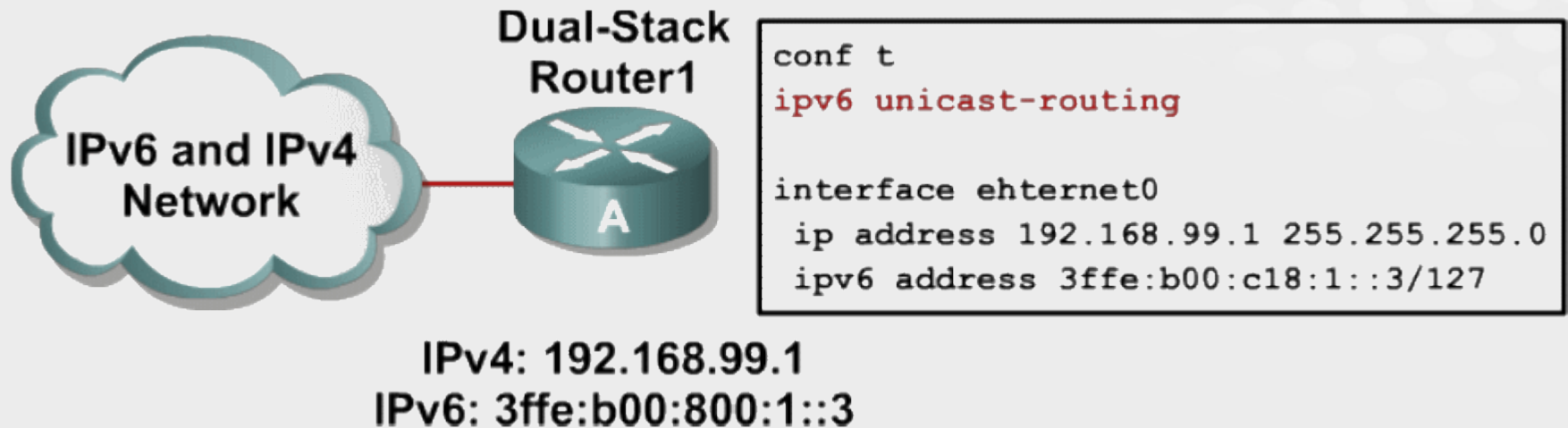
- IPv4 et IPv6 sont actifs et configurés sur tout les appareils.
- Des host IPv4 ou IPv6 peuvent êtres insérés dans le réseaux
- Le routeur Edge a un lien vers les Bones v4 et V6



# IPv4-IPv6 Transition/Coexistence

## DUAL STACK

- Configuration exemple

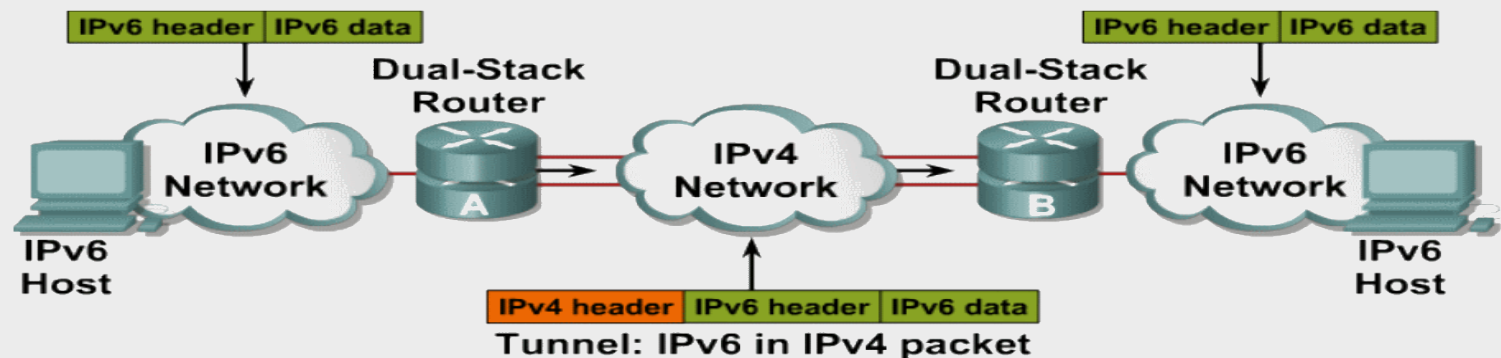


□ That's all 😊

# IPv4-IPv6 Transition/Coexistence

## TUNNELING

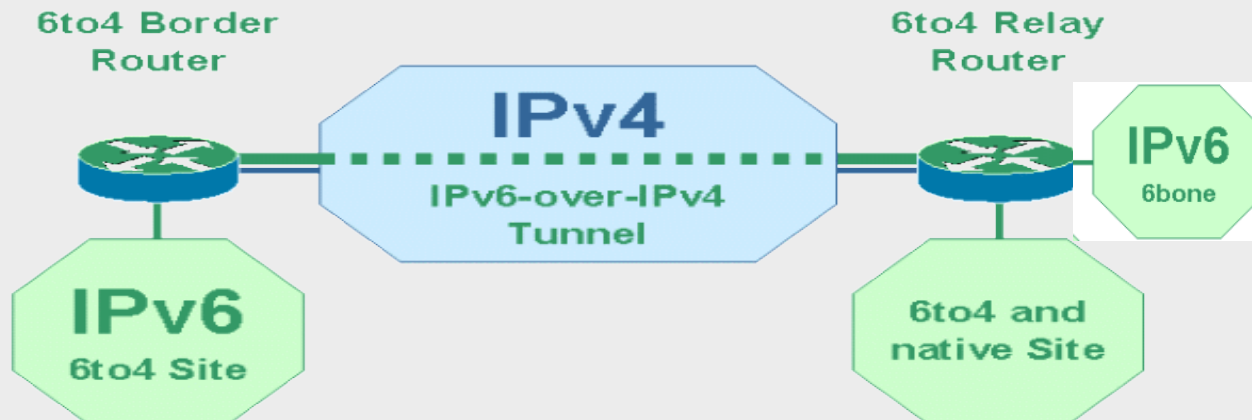
- Le Tunneling est une méthode d'intégration où un paquet d'un protocole X est encapsulé dans un autre protocole Y.
- Il existe plusieurs types de tunneling pour IPv6:
  - Manual, Automatic
  - **6to4**
  - Intra-Site Automatic Tunnel Addressing Protocol (ISATAP)
  - <http://www.sixxs.net/faq/connectivity/?faq=comparison>



# IPv4-IPv6 Transition/Coexistence

## TUNNELING 6to4 [RFC 3056](#).

- Introduction
- Un 6to4 est configuré sur un Edge routeur dual-stack.
- Tout le trafic IPv6 destiné au réseau distant est routé sur un backbone IPv4 via un tunnel dédié.
- Une interface spécifique “Tunnel 6to4” convertit les 32 bits de poids faible de son adresse IPv6 en une IPv4 complète pour le transport des packets sur un réseau publique comme Internet.





# IPv4-IPv6 Transition/Coexistence

## TUNNELING 6to4

- **Les avantages:**
  - ✓ La configuration des host est simple.
  - ✓ Le tunnel est automatique
  - ✓ Le tunnel existe uniquement pour la durée de la session.
  - ✓ Le tunnel est configuré une fois chez l'ISP, ce qui le rend disponible pour plusieurs entreprises.
- **Limitations:**
  - Les NAT ne sont **pas alloués** sur **tout le chemin** du tunnel..
  - Le mécanisme 6to4 utilise un block d'adresses spécifiques en /48.
  - Cette solution limite le routage a du statique ou BGP4+.



# IPv4-IPv6 Transition/Coexistence

## TUNNELING 6to4

- **Configuration**
- Quatre points essentiels:
  1. Le mode du tunnel (6to4)
  2. Le tunnel source (IPv4 interface/adresse)
  3. L'adresse IPv6 6to4 (2002::/16)
  4. Faire le routage statique
- 1. En premier créer une interface tunnel en mode 6to4 sur les routeur, et
- 2. Spécifier l'interface IPv4 "source".

```
R1(config)# interface tunnel0  
R1(config-if)# tunnel mode ipv6ip 6to4  
R1(config-if)# tunnel source 10.0.1.1
```

```
R2(config)# interface tunnel0  
R2(config-if)# tunnel mode ipv6ip 6to4  
R2(config-if)# tunnel source 10.0.1.2
```



# IPv4-IPv6 Transition/Coexistence

## TUNNELING 6to4

- **Configuration**

### 3. L'adresse IPv6 6to4 et son Préfixe

- Pour déterminer l'IPv6 de l'interface Tunnel on converti l'IPv4 source en Hexadécimal, IE:11.11.11.2 deviens 0b0b:0b02.
- On applique ensuite le préfixe IPv6 dédié au tunnel 6to4 (2002::/1)

- R1(config-if)# **ipv6 address 2002:a00:101::/128**

IPv4:                   192.0.2.4

- R2(config-if)# **ipv6 address 2002:a00:102::/128**

IPv6: 2002:c000:0204::/48

- Un Host mask de /128 est utilisé pour les adresses 6to4 dans ce TP, d'autre longueur de préfixe pourraient être utilisés.



# IPv4-IPv6 Transition/Coexistence

## TUNNELING 6to4

- **Configuration**

### 4. Routage ☺

- Ajouter toutes les routes statiques nécessaires pour assurer la connectivité IPv6 entre tous les routeurs.
- Deux routes doivent être ajoutées sur chaque routeur:
  - La première indique que 2002::/16 est joignable à travers Tunnel0.
  - La deuxième pour le Préfixe individuel /64 de chaque LAN de l'autre côté.
- **R1 ipv6 route 2002::/16 tunnel0**
- **R1 ipv6 route 2001:db8:0:2::/64 2002:a00:102::**
- **R2 ipv6 route 2002::/16 tunnel0**
- **R2 ipv6 route 2001:db8:0:3::/64 2002:a00:101::**

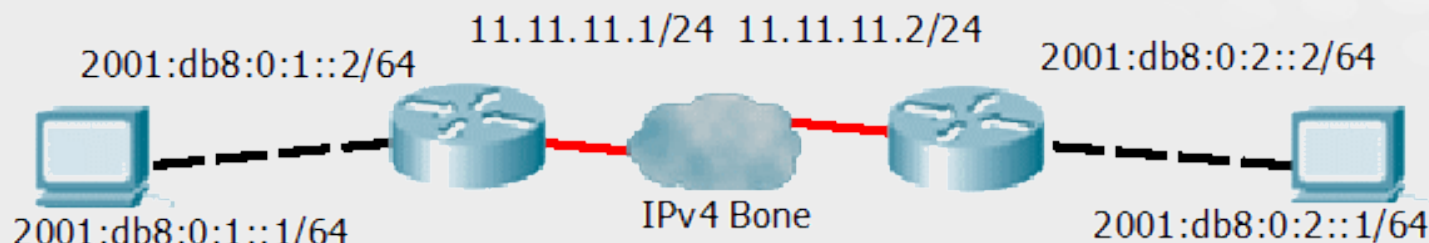




# IPv4-IPv6 Transition/Coexistence

## TUNNELING 6to4

- Configuration exemple
- Le 6to4 ne fonctionne pas sous packet tracer ☺



```
Interface tunnel0
 tunnel mode ipv6ip 6to4
 tunnel source 10.0.1.1
 ipv6 address 2002:a00:101::/128
```

```
ipv6 route 2002::/16 tunnel0
ipv6 route 2001:db8:0:2::/64 2002:a00:102::
```

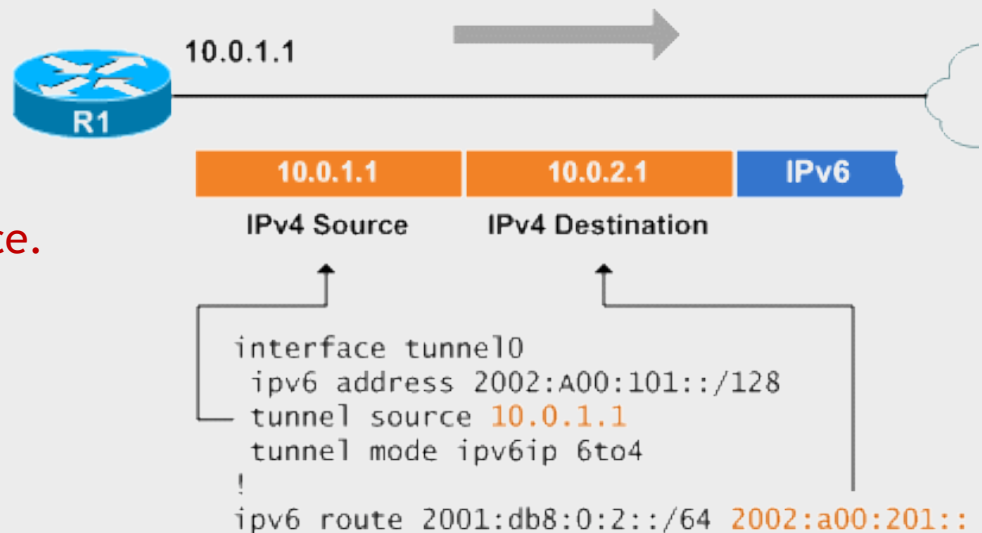
```
Interface tunnel0
 tunnel mode ipv6ip 6to4
 tunnel source 10.0.1.2
 ipv6 address 2002:a00:102::/128
```

```
ipv6 route 2002::/16 tunnel0
ipv6 route 2001:db8:0:3::/64 2002:a00:101::
```

# IPv4-IPv6 Transition/Coexistence

## TUNNELING 6to4

- **Comment cela fonctionne ?**
  - La logique du 6to4 n'est pas très clair, traçons un packet transitant de PC1 à PC2.
- i. R1 reçoit le packet et scan sa table de routage.  
Route: 2001:db8:0:2::/64 **Next-Hop**: 2002:a00:102::
  - ii. R1 fait une *recursive lookup* et trouve Tunnel 0 comme interface relative à **Next-hop**
  - iii. Le packet est dirigé vers Tunnel0, et 6to4 entre en action en l'encapsulant dans un packet IPv4 avec:



- Adresse source IPv4 :  
Celle configuré avec **Tunnel source**.
- Adresse destination IPv4 :  
**Next-Hop** convertit en IPv4.

