



Chapitre 2 : IPv6



Unité d'enseignement: Réseaux IP et Routage

Plan du cours



- ❑ Principaux objectifs de IPv6
- ❑ La durée de vie d'une adresse IPv6
- ❑ Notation des adresses IPv6
- ❑ Préfixe d'adresse réseau IPv6
- ❑ Règles pour raccourcir les adresses IPv6
- ❑ Les différents type d'adresses
- ❑ Les Adresses spéciales
- ❑ Plan d'adressage agrégé
- ❑ En-tête IPv6
- ❑ Transition IPv4 - IPv6



Principaux objectifs de IPv6



- Résoudre le problème de l'épuisement des adresses IPv4.
- Réduire la taille des tables de routage.
- Simplifier le protocole (en simplifiant l'en-tête IP) pour améliorer l'efficacité des routeurs.
- Fournir une meilleure sécurité (authentification et confidentialité).
- Gérer la mobilité des hôtes (auto-configuration).
- Permettre une coexistence souple avec IPv4

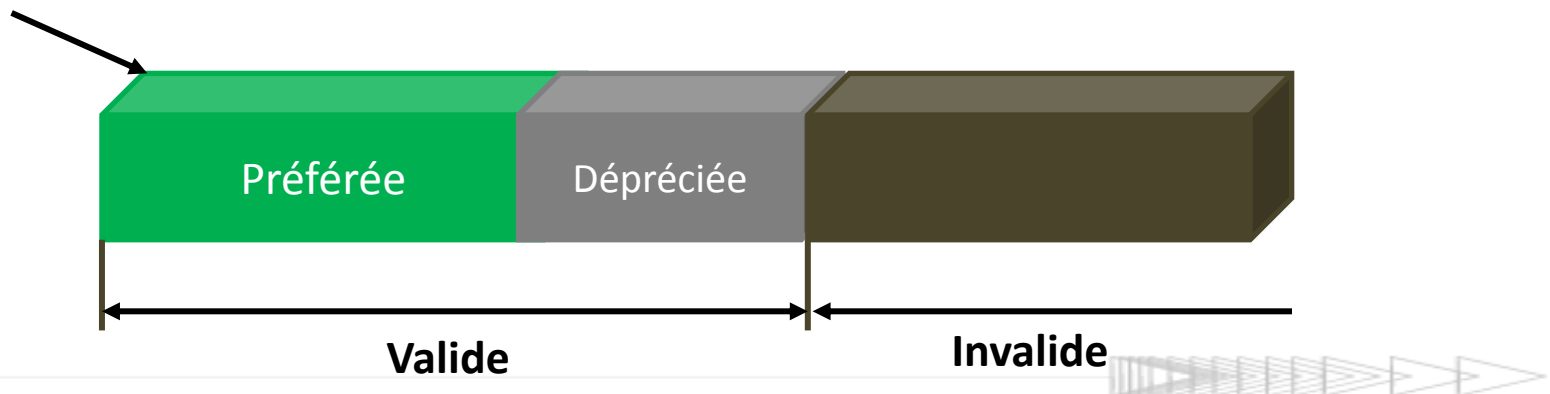


La durée de vie d'une adresse IPv6



- Elle est attribuée pour une période de temps par défaut 30 jours pouvant porter à l'infini.
- Si l'adresse est allouée pour une période finie il faudra la renouveler.
- Afin d'assurer le maintien des connexions des services applicatifs en cours (par exemple ceux reposant sur la couche transport TCP), l'adresse ne sera pas brutalement changée. Elle va progressivement passer par différentes phases : préférée, dépréciée, invalide.

Allocation



30 jours (par défaut)

Notation des adresses IPv6



Adresse IPv6 = 128 bits
(1 or 0)

- IPv4 : 32 bits, soit 2^{32} adresses = $4.3 \cdot 10^9 = 4$ milliards

Adresse IPv6 = 32 hexits

- IPv6 : 128 bits (0-9, a, b, c, d, e, f) = $344 \cdot 10^{36}$
= 344 milliards de milliards de milliards

Adresse IPv6 = 8 groupes de 4 hexits

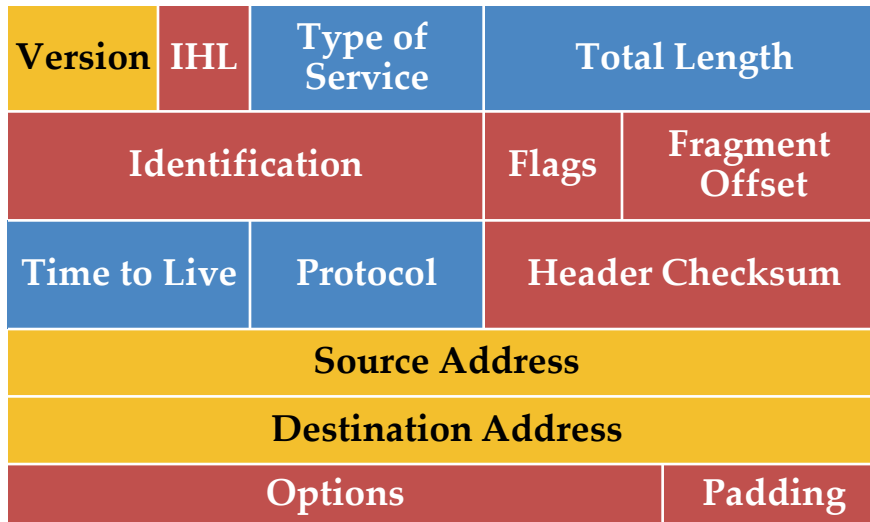
2001 : db8 : c001 : face : b00c : dead : babe : 1cee : f001

- ◆ Les 8 groupes d'hexits sont séparés par deux points
- ◆ Les adresses sont conventionnellement écrites en minuscule



Entête IPV4 VS Entête IPV6

IPv4 Header



IPv6 Header



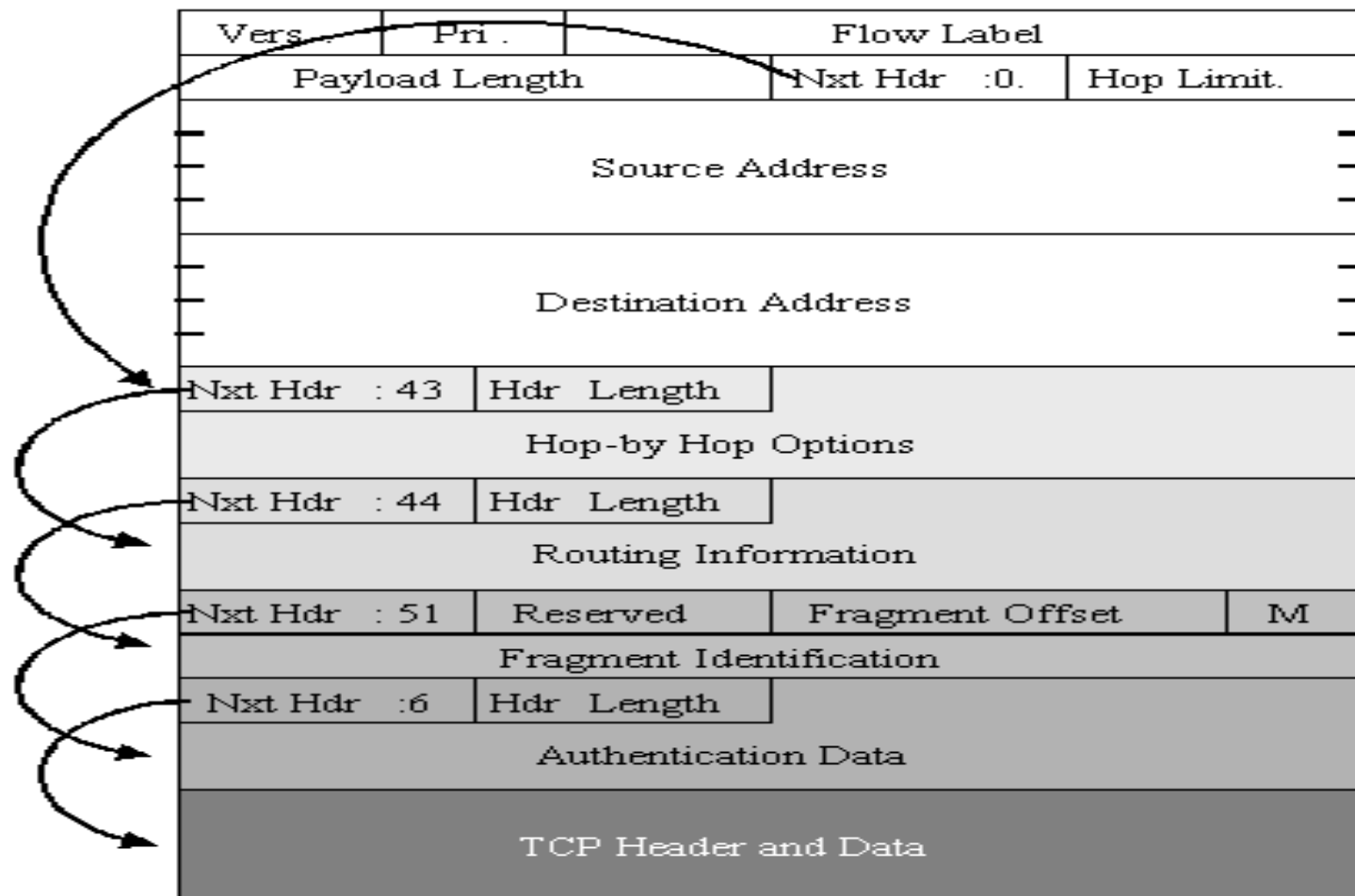
Legend

- Même champs de IPV4
- Champs supprimés dans IPV6
- Champs modifiés et dépalcés
- Nouveaux champs dans IPV6

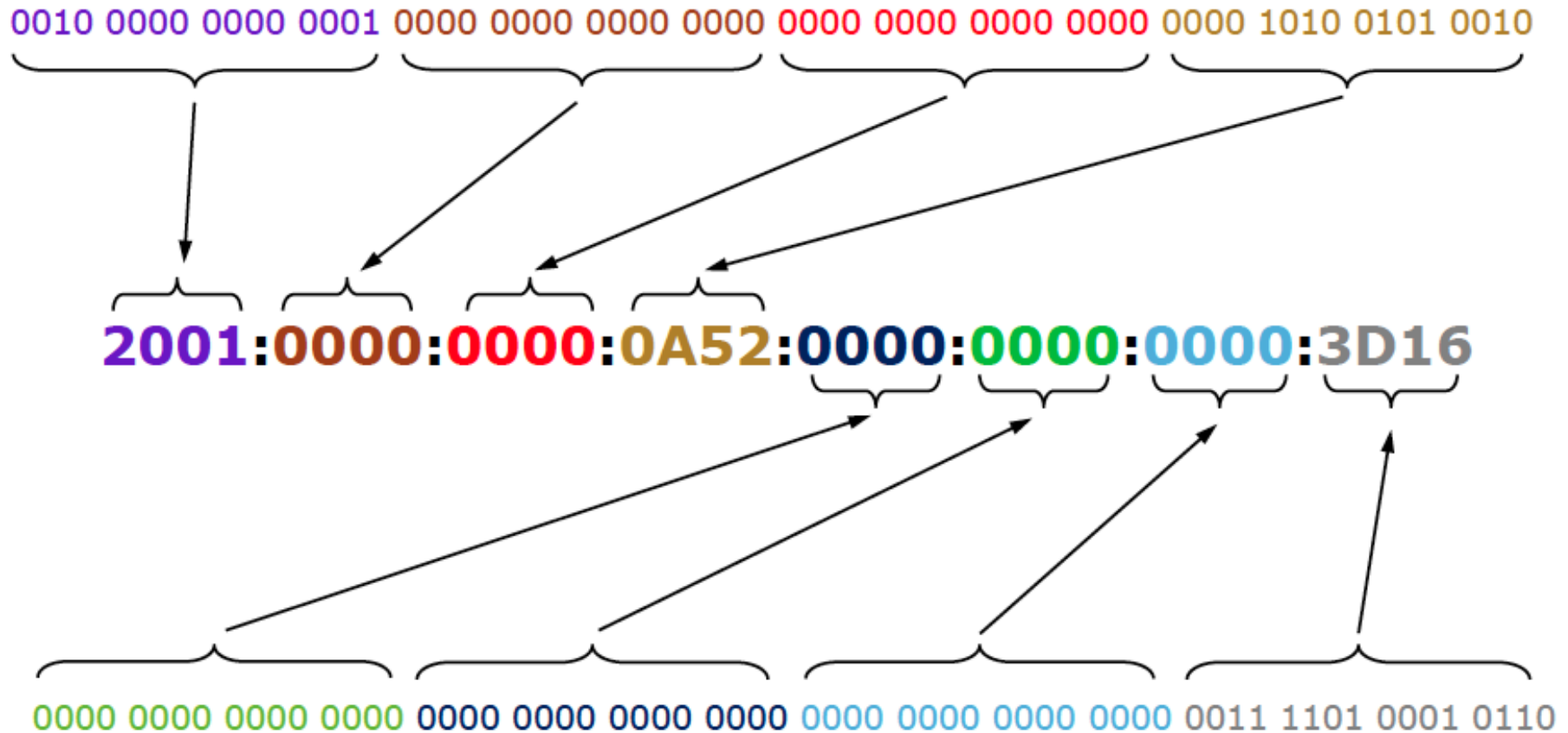
Extensions 1/2

Valeur	Extension
0	proche en proche
43	routage
44	fragmentation
50	confidentialité
51	authentification
59	fin des en têtes
60	destination
135	mobilité IPv6

Extensions 2/2



Notation des adresses IPv6



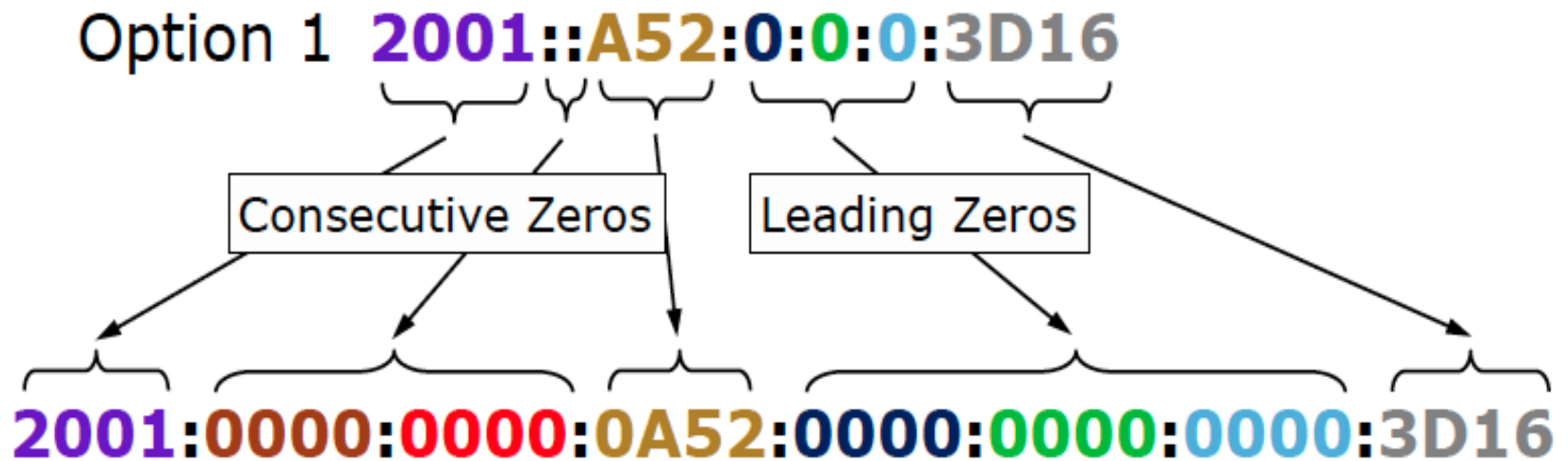
Règles pour raccourcir les adresses



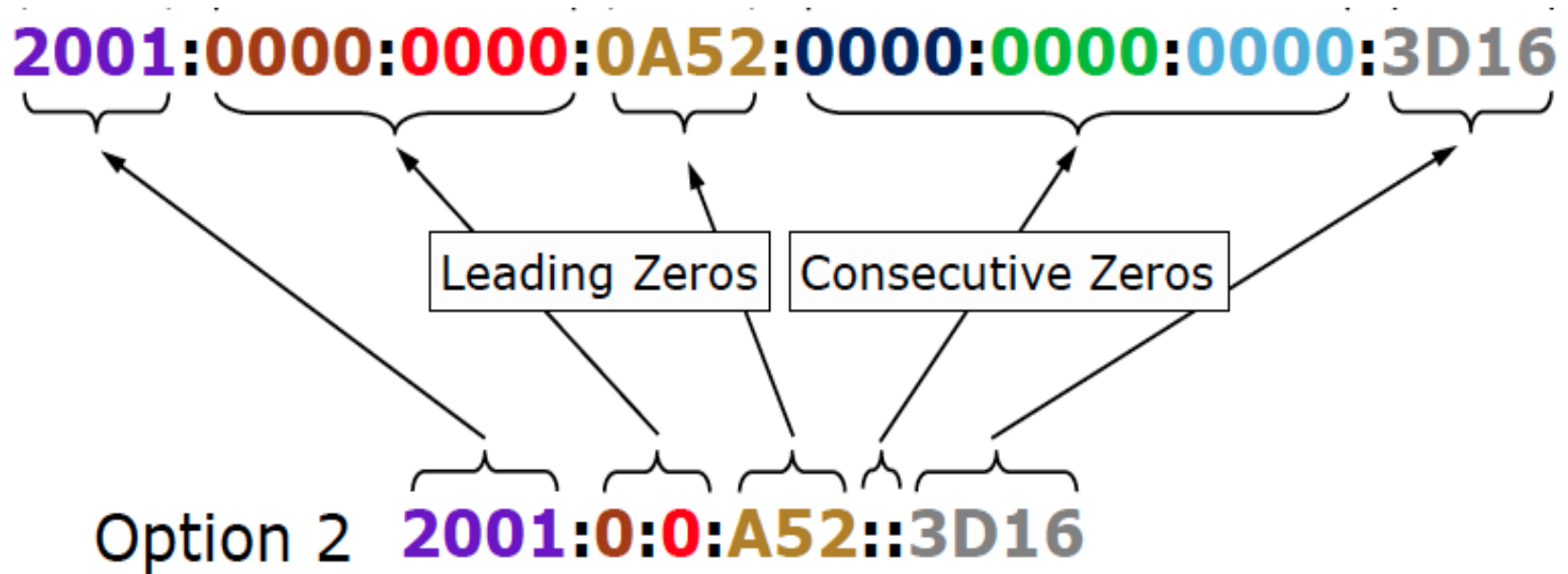
- ① **Suppression de Zéro**: omettre tous les zéros de poids forts dans un groupe de hexits
 - Un zéro de poids fort est celui qui vient immédiatement après les deux points
 - Chaque groupe doit contenir au moins un Hexit
- ② **Compression de Zéro**: Substituer deux ou plusieurs groupes consécutifs de zéros avec un double deux points (::)
 - Ceci ne devrait être fait qu'une seule fois pour éviter toute ambiguïté
 - Si plus d'une substitution est possible, faire celle qui remplace le plus de groupes
 - Pour un cas de deux substitutions égales possibles, faire celle qui est le plus à gauche.



Règles pour raccourcir les adresses



Règles pour raccourcir les adresses



Règles pour raccourcir les adresses



Exemple **Incorrecte** de raccourcissement IPv6

2001:0000:0000:0A52:0000:0000:0000:3D16

Consecutive Zeros

Consecutive Zeros

Leading Zeros

2001::A52::3D16

How many groups of zeros are missing?



Préfixe d'adresse réseau IPv6



- IPv6 utilise CIDR c'est à dire pas de masque de sous réseaux
- Un préfixe est écrit comme suit:

Adresse IPv6 / longueur du préfixe (nombre de bits)

- La taille du préfixe est un décimal compris entre [0 , 128]
- Exemples de représentation du préfixe de 60 bits 200100000000CD3 (hex) :
 - 2001:0000:0000:CD30:0000:0000:0000:0000/60
 - 2001::CD30:0:0:0:0/60
 - 2001:0:0:CD30::/60
- Combinaison d'une adresse d'hôte et d'un préfixe réseau:
 - adresse d'hôte : 2001:0:0:CD31:2345:6789:ABCD:EF00
 - adresse de réseau : 2001:0:0:CD30:: / 60
 - adresse combinée : 2001:0:0:CD31:2345:6789:ABCD:EF00/60

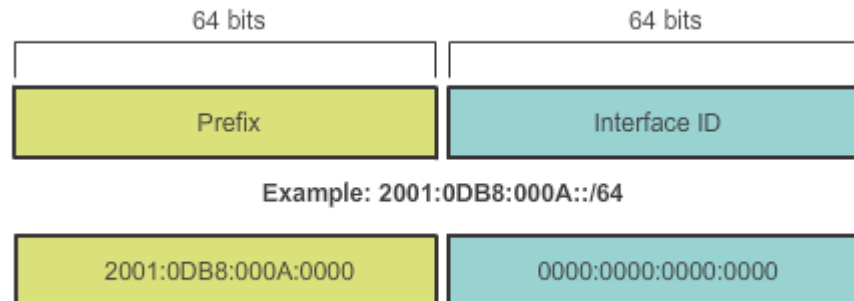


Préfixe d'adresse réseau IPv6

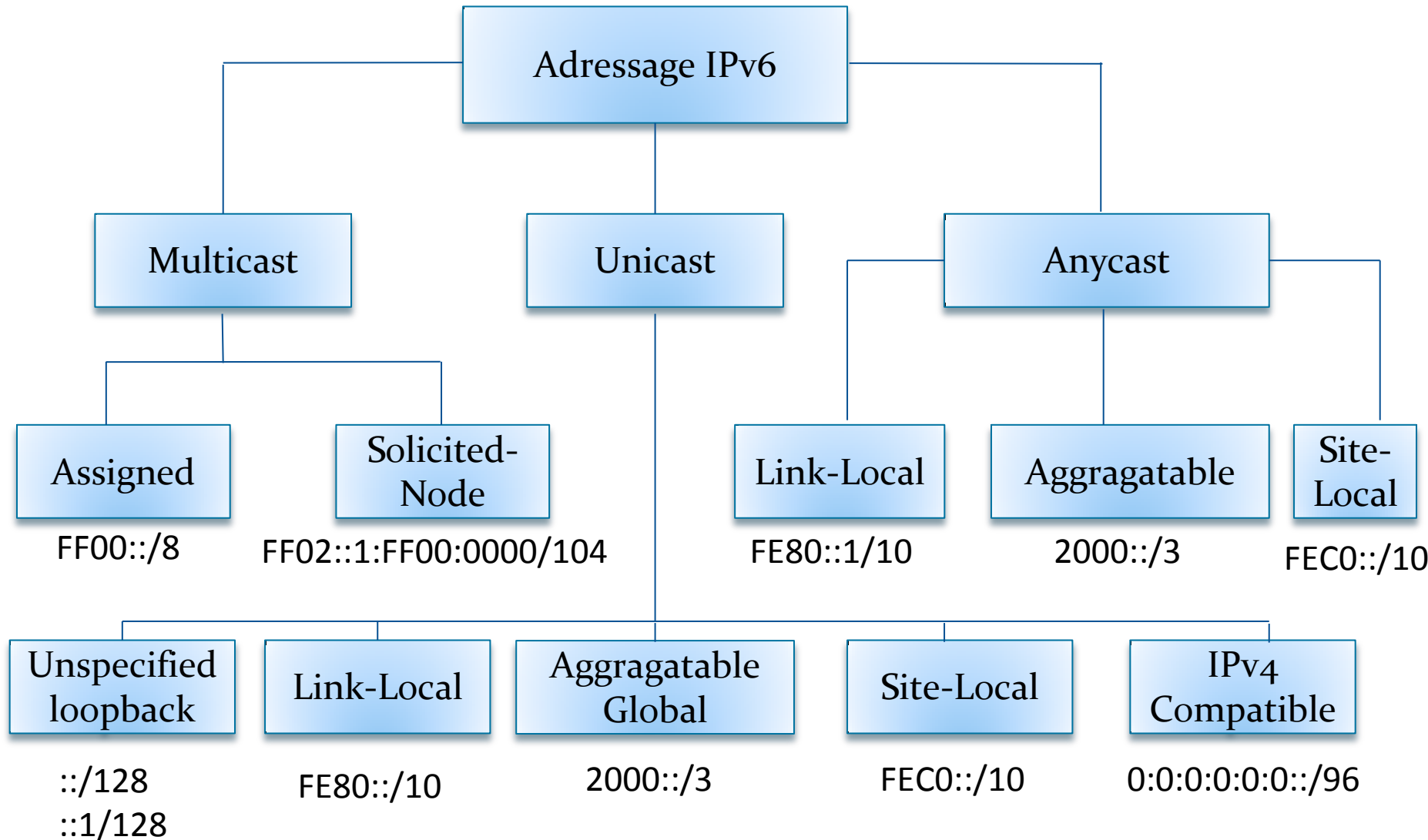


- Longueur typique du préfixe /64

/64 Prefix



Types d'adresse IPv6



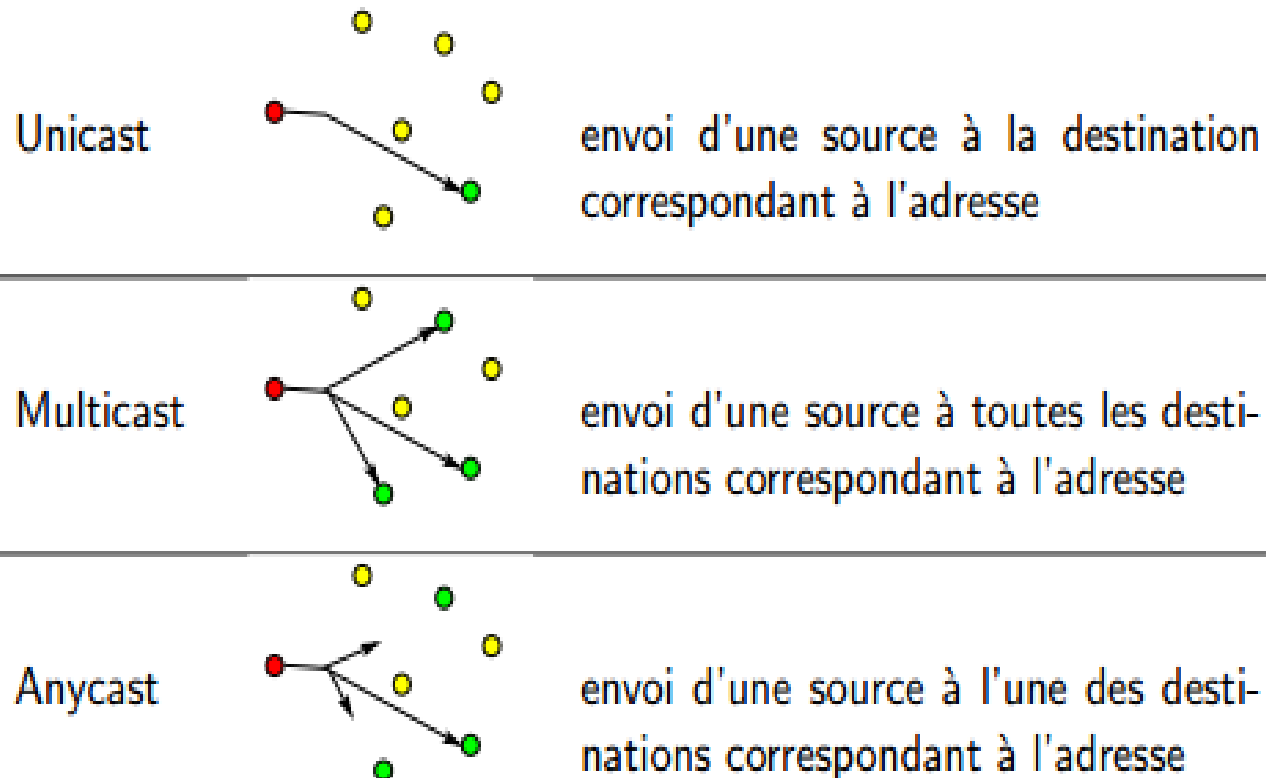
Les différents type d'adresses



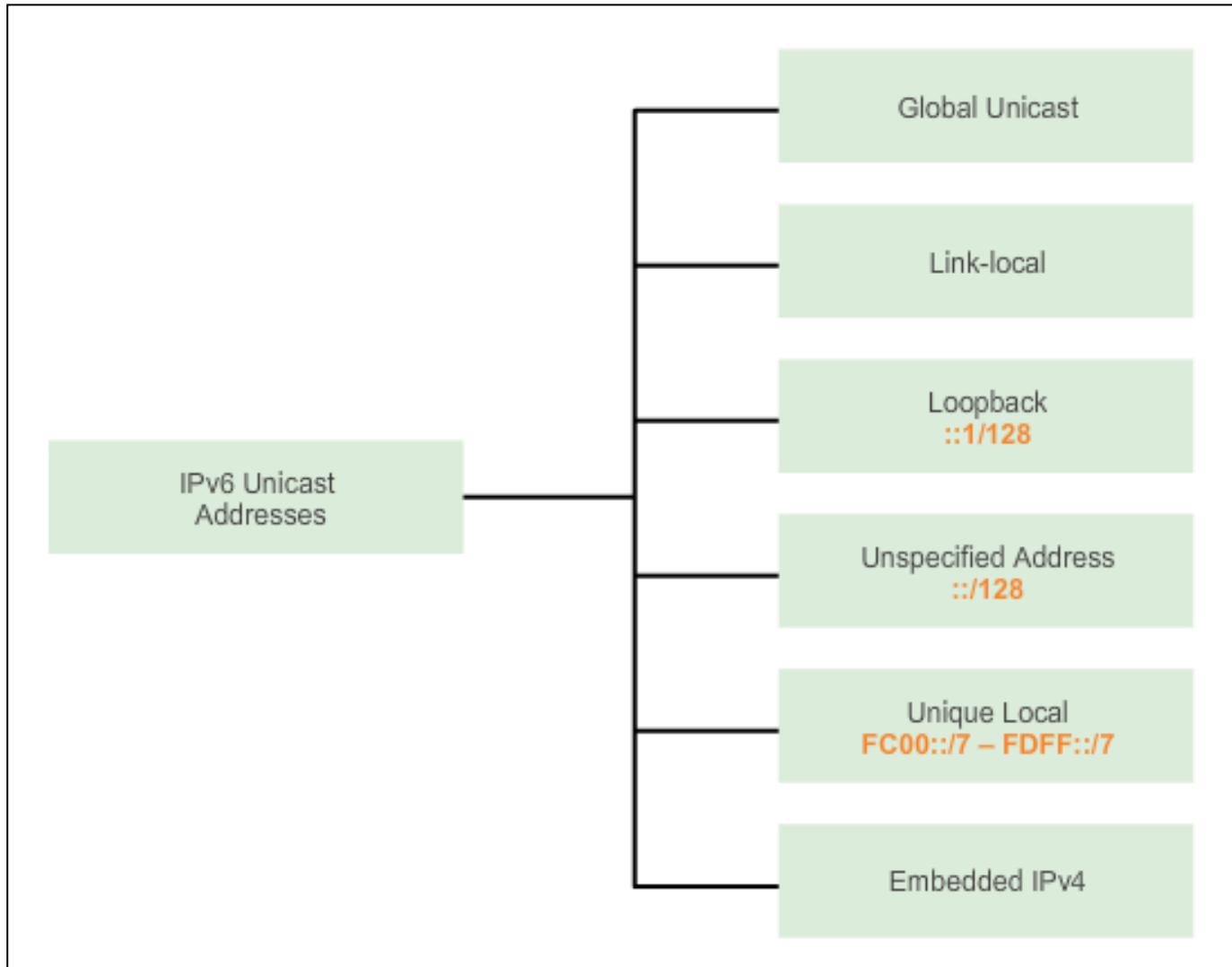
- **L'adresse Unicast** : adresse individuelle d'interface pour définir un hôte particulier. Un paquet émis avec cette adresse de destination n'est remis qu'à la machine ayant cette adresse IPv6.
- **L'adresse de Multicast** : adresse qui concerne un ensemble d'hôtes appartenant à un même groupe de diffusion. Lorsqu'un paquet a pour destination une adresse de type multicast, il est acheminé par le réseau à toutes les interfaces membres de ce groupe.
- **L'adresse Anycast** : est ni plus ni moins de l'adressage multicast, à la différence qu'un paquet émis avec cette adresse de destination ne sera remis qu'à un seul membre du groupe et non pas à tous. C'est, par exemple, le plus proche au sens de la métrique des protocoles de routage.
- ➔ **Note** : plus d'adresses de diffusion générale (*broadcast*)



Types d'adresse IPV6



Les différents type d'adresses Unicast

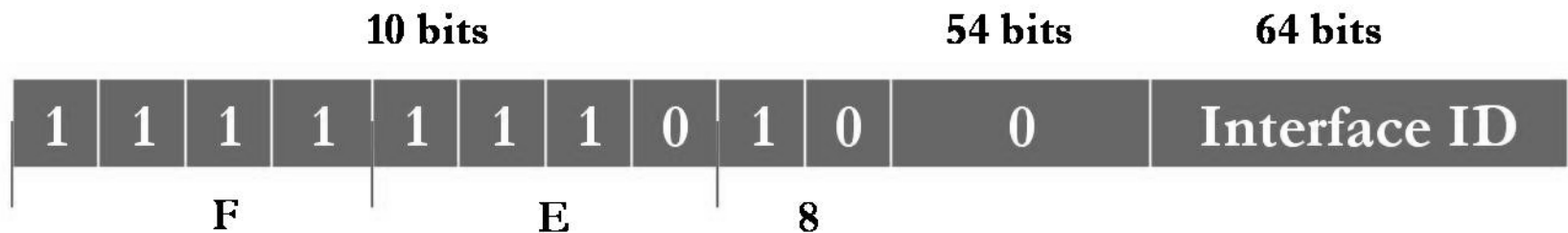


Adresses Link local



➤ Adresse lien-local (link local address) :

- Obtenue par configuration automatique et est valide uniquement sur un même lien physique sans routeur intermédiaire.
- Un routeur ne route pas ce type d'adresse. L'interconnexion par hub ou switch de niveau Mac représente cet espace de lien.
- Obtenue en concaténant le préfixe **FE80::/10** aux **64 bits** de l'identifiant d'interface.
- Les applications peuvent s'appuyer sur l'existence d'une adresse lien-local, même quand il n'y a pas de routage IPv6 (comparables aux adresses 169.254.0.0/16 d'auto-configuration d'IPv4).

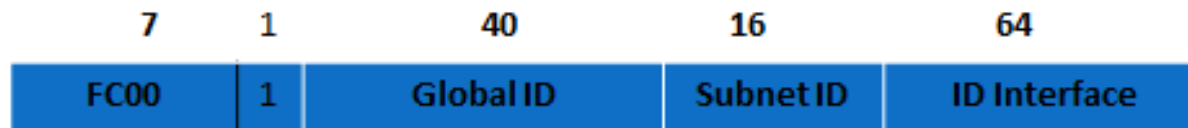


Adresses unique local



➤ Adresse locale unique (unique local address) :

- Destinées à une utilisation locale. Elles ne sont pas définies pour être routées dans l'Internet, mais seulement au sein d'une zone limitée telle qu'un site ou entre un nombre limité de sites.
- Créées en utilisant un identifiant global (Global ID) généré pseudo-aléatoirement.
- Ces adresses suivent le format suivant :
 - Préfixe (**7 bits**) : **FC00::/7**
 - (**1 bit**) : Positionné à 1, le préfixe est assigné localement., la valeur **0** est réservée pour une utilisation future.
 - Global ID (**40 bits**) : Identifiant global utilisé pour la création d'un préfixe unique (Globally Unique Prefix).
 - Subnet ID (**16 bits**) : Identifiant d'un sous réseau à l'intérieur du site.
 - Interface ID (**64 bits**) : Identifiant d'interface.



Adresse indéterminée



- **Adresse indéterminée (unspecified address) :**
 - Utilisée comme adresse source par un nœud du réseau pendant son initialisation, avant d'acquérir une adresse valide.
 - Sa valeur est **0:0:0:0:0:0:0:0** (en abrégé **::/128**).
 - Utilisée uniquement par des protocoles d'initialisation, elle ne doit jamais être attribuée à un nœud et ne doit jamais apparaître comme adresse destination d'un paquet IPv6.

Adresses de bouclage

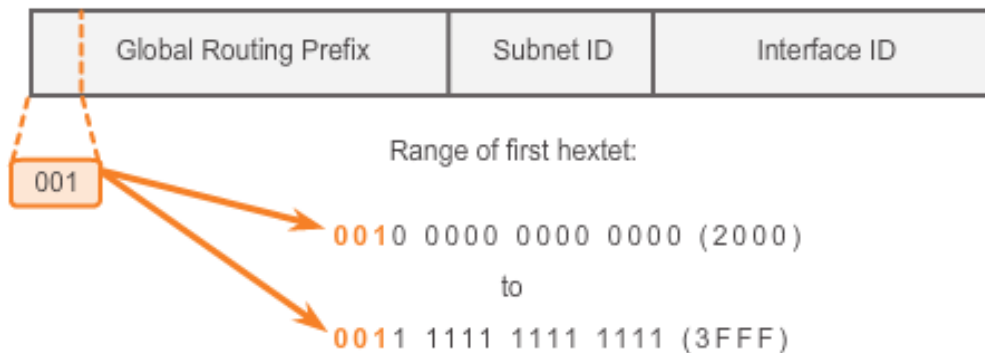
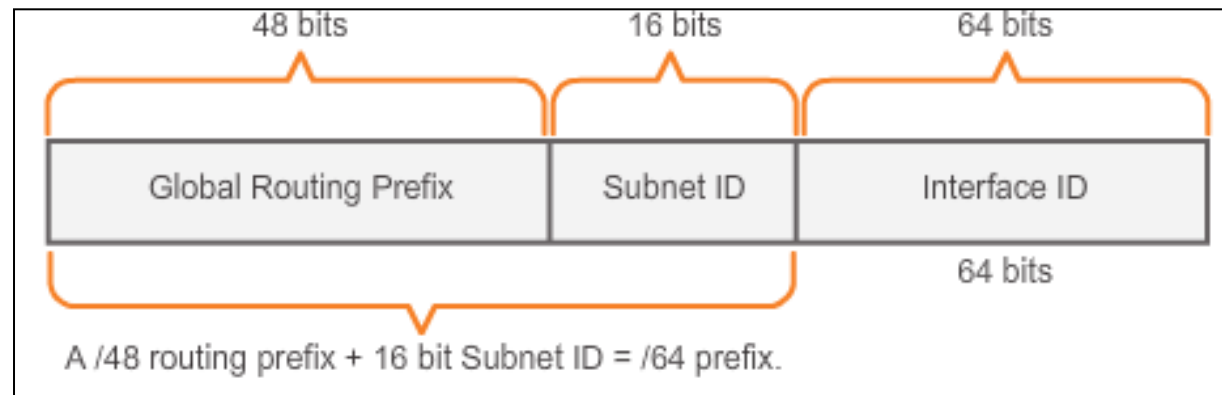


- Adresse de bouclage (loopback address) :
 - Elle vaut **0:0:0:0:0:0:0:1** (en abrégé **::1**).
 - L'équivalent de l'adresse **127.0.0.1** d'IPv4.
 - Elle est utilisée par un nœud pour s'envoyer à lui-même des paquets IPv6.
 - Un paquet IPv6 transitant sur le réseau ne peut avoir l'adresse de bouclage comme adresse source ni comme adresse destination.

Addresses Global Unicast



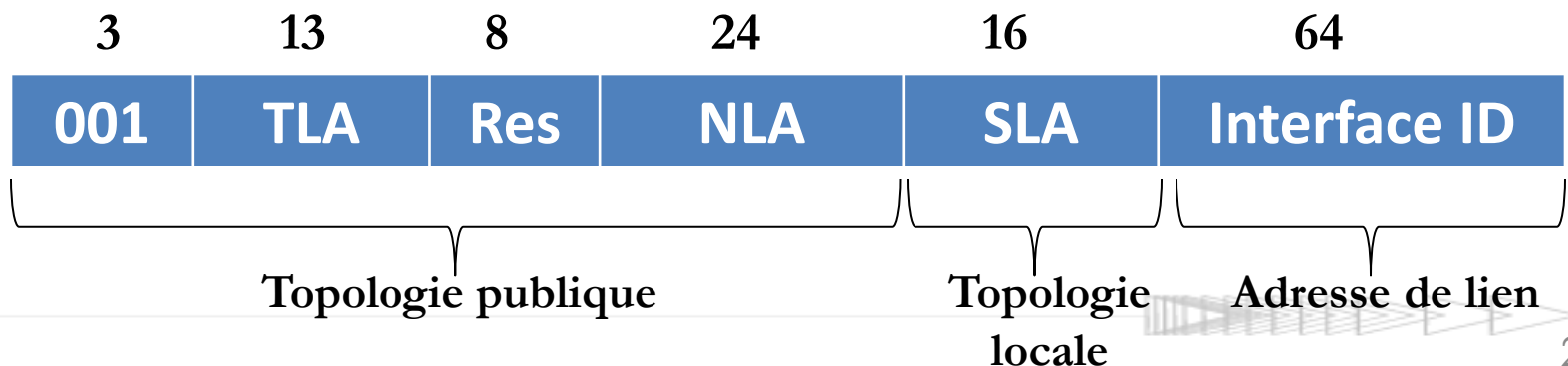
- Similar to a public IPv4 address
- Globally unique
- Internet routable addresses
- Can be configured statically or assigned dynamically



Plan d'adressage agrégé



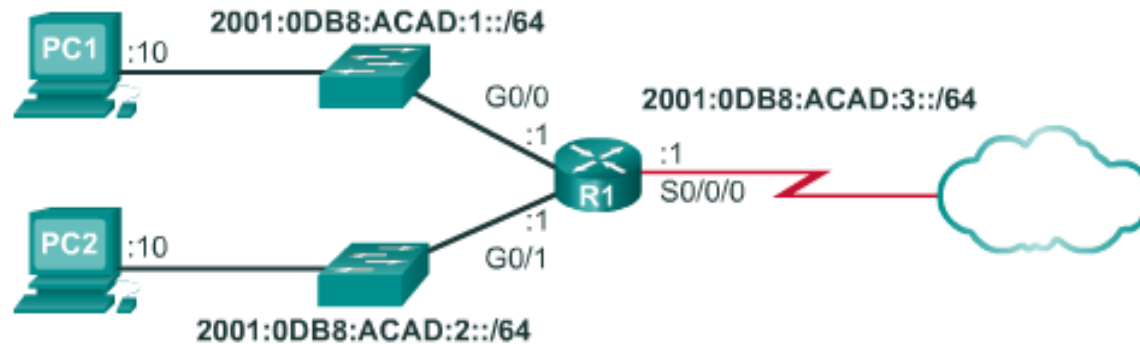
- Adressage hiérarchique à 3 niveaux :
 - Topologie publique sur 48 bits allouée par le fournisseur d'accès :
 - 3 bits (001) identifiant le plan d'adressage.
 - une unité d'agrégation haute (**TLA, Top Level Aggregator**) sur 13 bits
 - une partie réservée sur 8 bits.
 - des unités d'agrégation basse (**NLA, Next Level Aggregator**), d'une taille totale de 24 bits.
 - Topologie locale (**SLA, Site Level Aggregator**) sur 16 bits. Ce champ permet de coder les numéros de sous réseau du site.
 - Identificateur d'interface sur 64 bits distinguant les différentes machines sur le lien.





IPv6 Unicast Addresses

Static Configuration of a Global Unicast Address



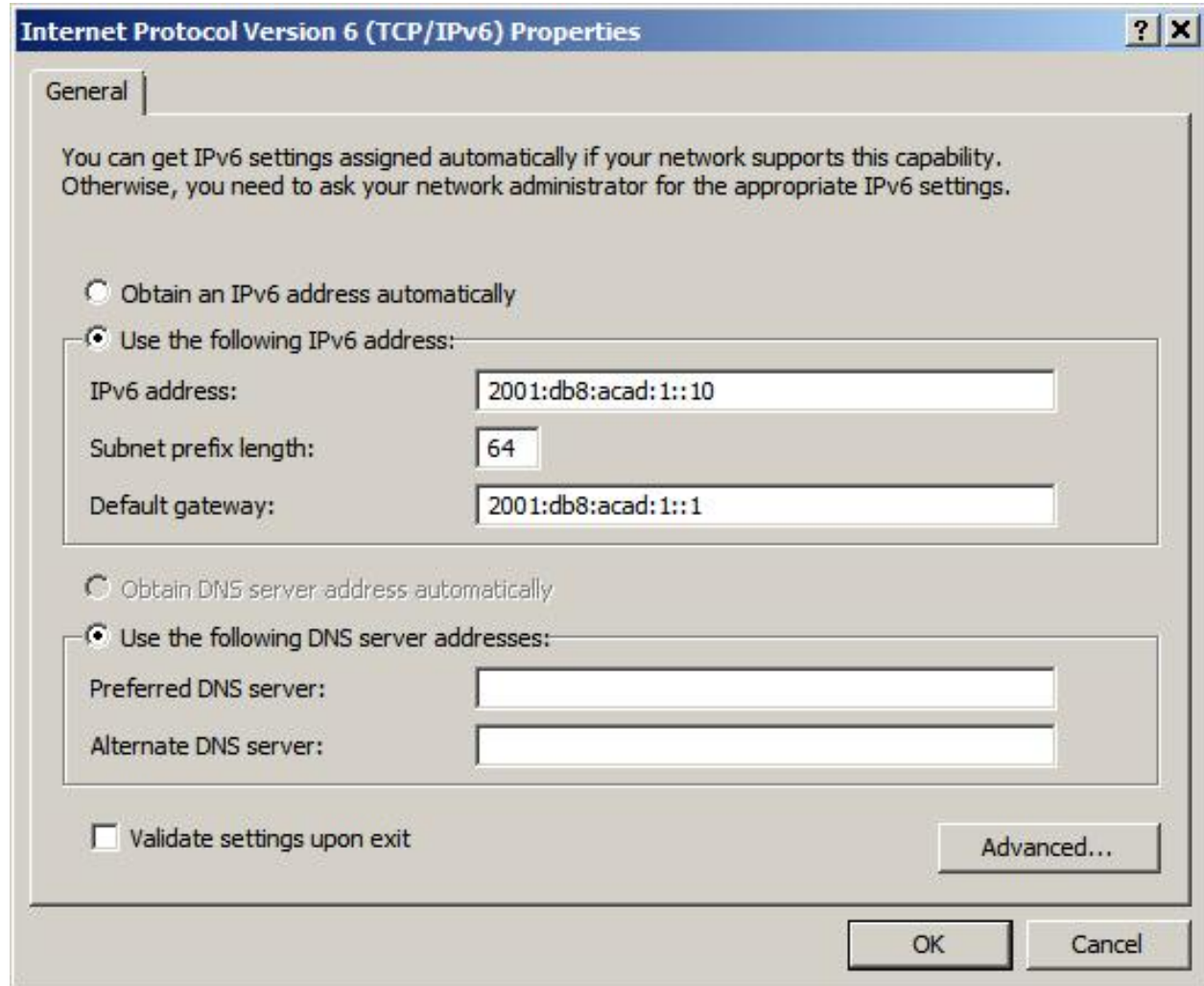
```
R1(config)#interface gigabitethernet 0/0
R1(config-if)#ipv6 address 2001:db8:acad:1::1/64
R1(config-if)#no shutdown
R1(config-if)#exit
R1(config)#interface gigabitethernet 0/1
R1(config-if)#ipv6 address 2001:db8:acad:2::1/64
R1(config-if)#no shutdown
R1(config-if)#exit
R1(config)#interface serial 0/0/0
R1(config-if)#ipv6 address 2001:db8:acad:3::1/64
R1(config-if)#clock rate 56000
R1(config-if)#no shutdown
```



IPv6 Unicast Addresses

Static Configuration of an IPv6 Global Unicast Address (cont.)

Windows IPv6 Setup



Internet Protocol Version 6 (TCP/IPv6) Properties

General

You can get IPv6 settings assigned automatically if your network supports this capability. Otherwise, you need to ask your network administrator for the appropriate IPv6 settings.

☐ Obtain an IPv6 address automatically
☒ Use the following IPv6 address:

IPv6 address:
 Subnet prefix length:
 Default gateway:

☐ Obtain DNS server address automatically
☒ Use the following DNS server addresses:

Preferred DNS server:
 Alternate DNS server:

☐ Validate settings upon exit

Advanced...

OK Cancel



IPv6 Unicast Addresses

Dynamic Configuration of a Global Unicast Address using SLAAC

Stateless Address Auto Configuration (SLAAC)

- A method that allows a device to obtain its prefix, prefix length and default gateway from an IPv6 router
- No DHCPv6 server needed
- Rely on ICMPv6 Router Advertisement (RA) messages

IPv6 routers

- Forwards IPv6 packets between networks
- Can be configured with static routes or a dynamic IPv6 routing protocol
- Sends ICMPv6 RA messages



IPv6 Unicast Addresses

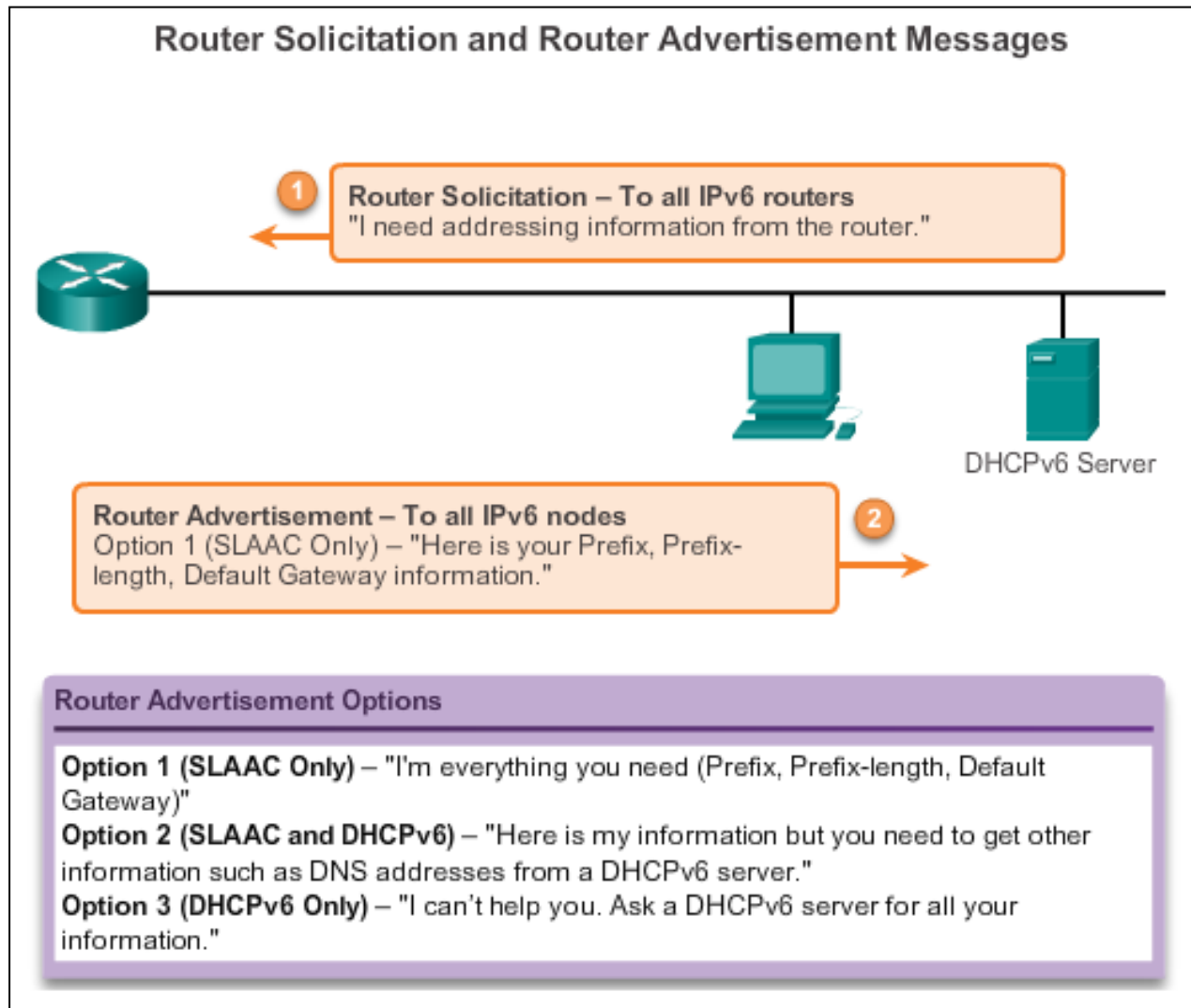
Dynamic Configuration of a Global Unicast Address using SLAAC (cont.)

- The **IPv6 unicast-routing** command enables IPv6 routing.
- RA message can contain one of the following three options:
 - SLAAC Only – Uses the information contained in the RA message.
 - SLAAC and DHCPv6 – Uses the information contained in the RA message and get other information from the DHCPv6 server, stateless DHCPv6 (for example, DNS).
 - DHCPv6 only – The device should not use the information in the RA, stateful DHCPv6.
- Routers send ICMPv6 RA messages using the link-local address as the source IPv6 address



IPv6 Unicast Addresses

Dynamic Configuration of a Global Unicast Address using SLAAC (cont.)





IPv6 Unicast Addresses

Dynamic Configuration of a Global Unicast Address using DHCPv6 (cont.)

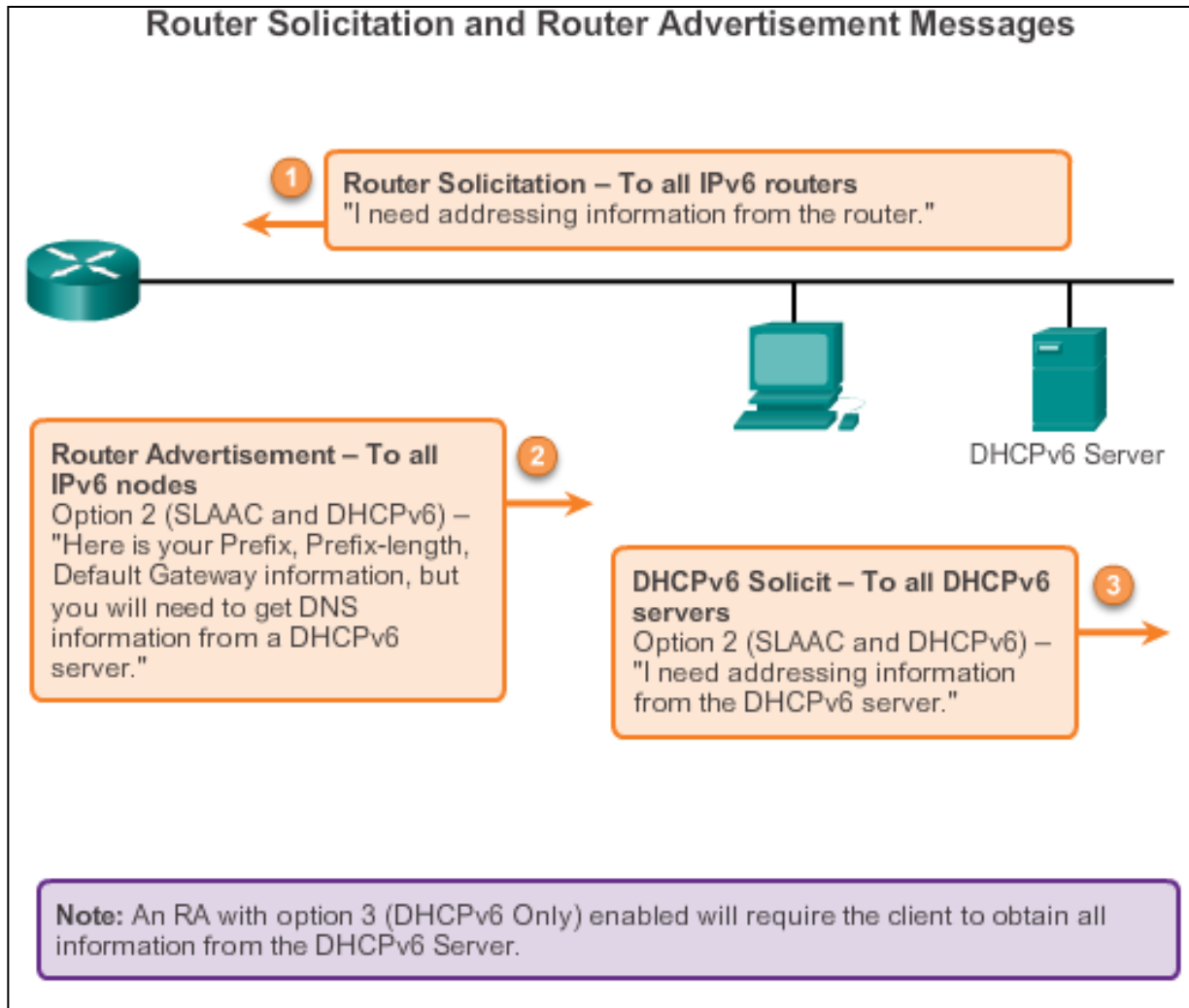
Dynamic Host Configuration Protocol for IPv6 (DHCPv6)

- Similar to IPv4
- Automatically receives addressing information, including a global unicast address, prefix length, default gateway address and the addresses of DNS servers using the services of a DHCPv6 server.
- Device may receive all or some of its IPv6 addressing information from a DHCPv6 server depending upon whether option 2 (SLAAC and DHCPv6) or option 3 (DHCPv6 only) is specified in the ICMPv6 RA message.
- Host may choose to ignore whatever is in the router's RA message and obtain its IPv6 address and other information directly from a DHCPv6 server.



IPv6 Unicast Addresses

Dynamic Configuration of a Global Unicast Address using DHCPv6 (cont.)





IPv6 Unicast Addresses

EUI-64 Process or Randomly Generated

EUI-64 Process

- Uses a client's 48-bit Ethernet MAC address and inserts another 16 bits in the middle of the 46-bit MAC address to create a 64-bit Interface ID.
- Advantage is that the Ethernet MAC address can be used to determine the interface; is easily tracked.

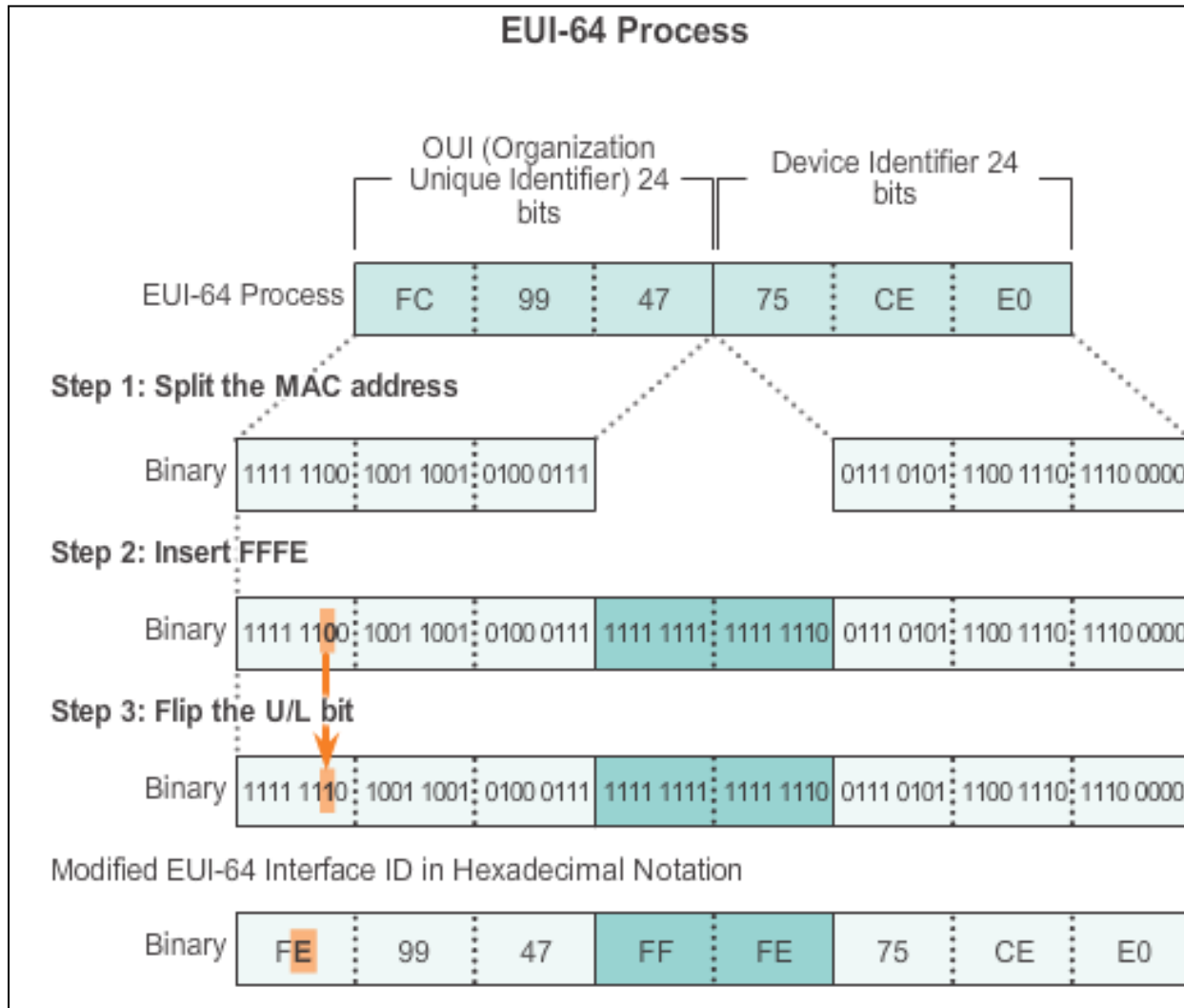
EUI-64 Interface ID is represented in binary and comprises three parts:

- 24-bit OUI from the client MAC address, but the 7th bit (the Universally/Locally bit) is reversed (0 becomes a 1).
- Inserted as a 16-bit value FFFE.
- 24-bit device identifier from the client MAC address.



IPv6 Unicast Addresses

EUI-64 Process or Randomly Generated (cont.)





IPv6 Unicast Addresses

EUI-64 Process or Randomly Generated (cont.)

```
R1#show interface gigabitethernet 0/0
GigabitEthernet0/0 is up, line protocol is up
  Hardware is CN Gigabit Ethernet, address is fc99.4775.c3e0
(bia fc99.4775.c3e0)
<Output Omitted>
```

```
R1#show ipv6 interface brief
```

```
GigabitEthernet0/0 [up/up]
```

```
FE80::FE99:47FF:FE75:C3E0
```

```
2001:DB8:ACAD:1::1
```

```
GigabitEthernet0/1 [up/up]
```

```
FE80::FE99:47FF:FE75:C3E1
```

```
2001:DB8:ACAD:2::1
```

```
Serial0/0/0 [up/up]
```

```
FE80::FE99:47FF:FE75:C3E0
```

```
2001:DB8:ACAD:3::1
```

```
Serial0/0/1 [administratively down/down]
```

```
unassigned
```

```
R1#
```

Link-local addresses using
EUI-64



IPv6 Unicast Addresses

EUI-64 Process or Randomly Generated (cont.)

Randomly Generated Interface IDs

- Depending upon the operating system, a device can use a randomly generated Interface ID instead of using the MAC address and the EUI-64 process.
- Beginning with Windows Vista, Windows uses a randomly generated Interface ID instead of one created with EUI-64.
- Windows XP (and previous Windows operating systems) used EUI-64.



IPv6 Unicast Addresses

Dynamic Link-local Addresses

Link-Local Address

- After a global unicast address is assigned to an interface, an IPv6-enabled device automatically generates its link-local address.
- Must have a link-local address that enables a device to communicate with other IPv6-enabled devices on the same subnet.
- Uses the link-local address of the local router for its default gateway IPv6 address.
- Routers exchange dynamic routing protocol messages using link-local addresses.
- Routers' routing tables use the link-local address to identify the next-hop router when forwarding IPv6 packets.

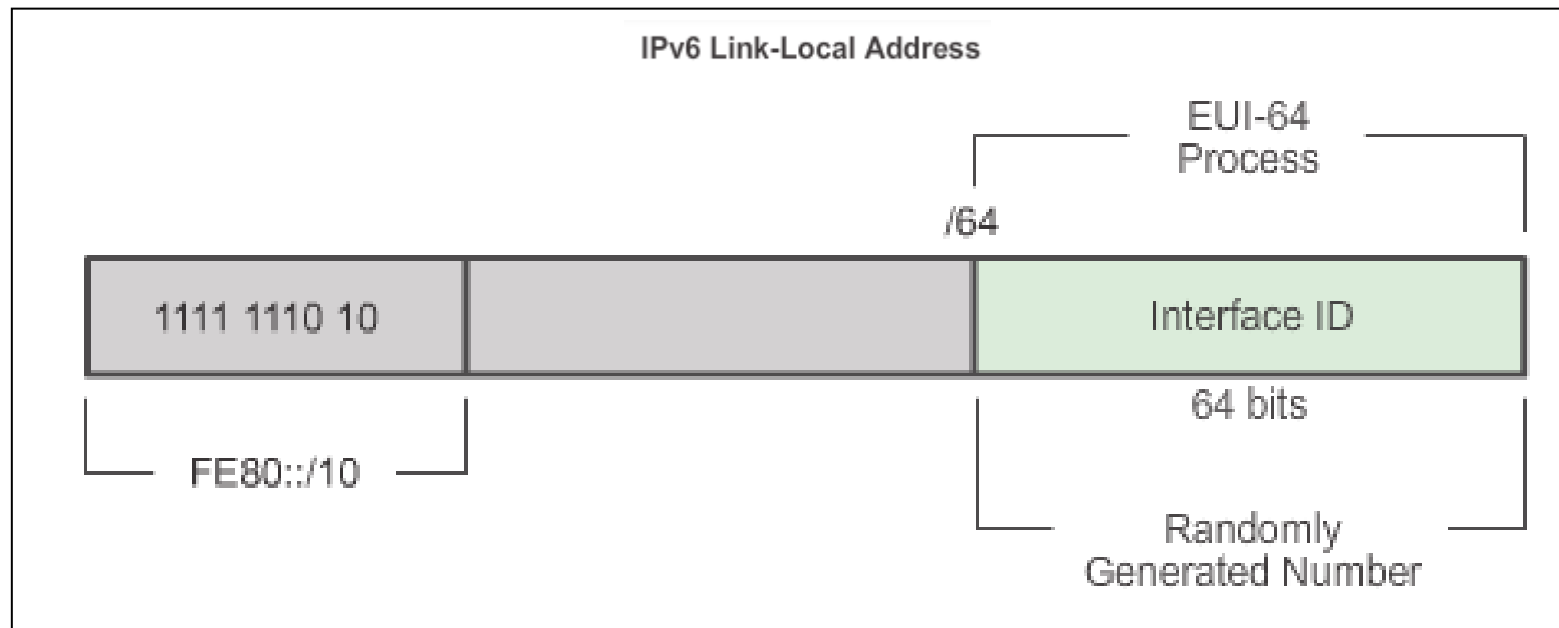


IPv6 Unicast Addresses

Dynamic Link-local Addresses (cont.)

Dynamically Assigned

The link-local address is dynamically created using the FE80::/10 prefix and the Interface ID.





IPv6 Unicast Addresses

Static Link-local Addresses

Configuring Link-local

```
R1(config)#interface gigabitethernet 0/0
R1(config-if)#ipv6 address fe80::1 ?
    link-local    Use link-local address

R1(config-if)#ipv6 address fe80::1 link-local
R1(config-if)#exit
R1(config)#interface gigabitethernet 0/1
R1(config-if)#ipv6 address fe80::1 link-local
R1(config-if)#exit
R1(config)#interface serial 0/0/0
R1(config-if)#ipv6 address fe80::1 link-local
R1(config-if)#
```



IPv6 Unicast Addresses

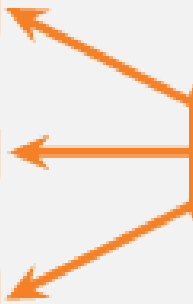
Static Link-local Addresses (cont.)

Configuring Link-local

```

R1#show ipv6 interface brief
GigabitEthernet0/0      [up/up]
    FE80::1
    2001:DB8:ACAD:1::1
GigabitEthernet0/1      [up/up]
    FE80::1
    2001:DB8:ACAD:2::1
Serial10/0/0            [up/up]
    FE80::1
    2001:DB8:ACAD:3::1
Serial10/0/1            [administratively down/down]
    unassigned
R1#
  
```

Statically configured link-local addresses





Les adresses de multidiffusion IPv6

Les adresses de multicast IPv6 attribuées

- Les adresses multicast IPv6 ont le préfixe FFxx::/8
- Il existe deux types d'adresses de multidiffusion IPv6 :
 - Les adresses multicast attribuées
 - Les adresses multicast de nœud sollicité

Bits	8	4	4	112
Field	<i>prefix</i>	<i>flags</i>	<i>scope</i>	<i>group ID</i>

- Flags:
 - O: Réserve
 - R: Rendez-vous
 - P: Prefix → P=1: l'adresse est dérivée d'un préfixe unicast
 - T: Transient → T=0: l'adresse est gérée par une autorité (permanente)
→ T=1: l'adresse est temporaire
- Scope: permet de limiter la portée (1: Interface-local / 2: link-local / 3: Subnet-local / E: global)



Les adresses de multidiffusion IPv6

Les adresses de multicast IPv6 attribuées

- **FF01::1 Groupe Multicast avec toutes les interfaces d'un équipement**
- **FF02::1 Groupe Multicast avec tous les nœuds sur un même lien local**
 - Tous les périphériques IPv6 sont inclus
 - Même effet qu'une adresse de diffusion IPv4
- **FF01::2 toutes les interfaces d'un routeur**
- **FF02::2 Groupe de multidiffusion avec tous les routeurs sur un lien local**
 - Tous les routeurs IPv6 sont inclus
 - Un routeur devient un membre de ce groupe lorsqu'il est activé en tant que routeur IPv6 avec la commande de configuration globale **ipv6 unicast-routing**
 - Un paquet envoyé à ce groupe est reçu et traité par tous les routeurs IPv6 situés sur la liaison ou le réseau

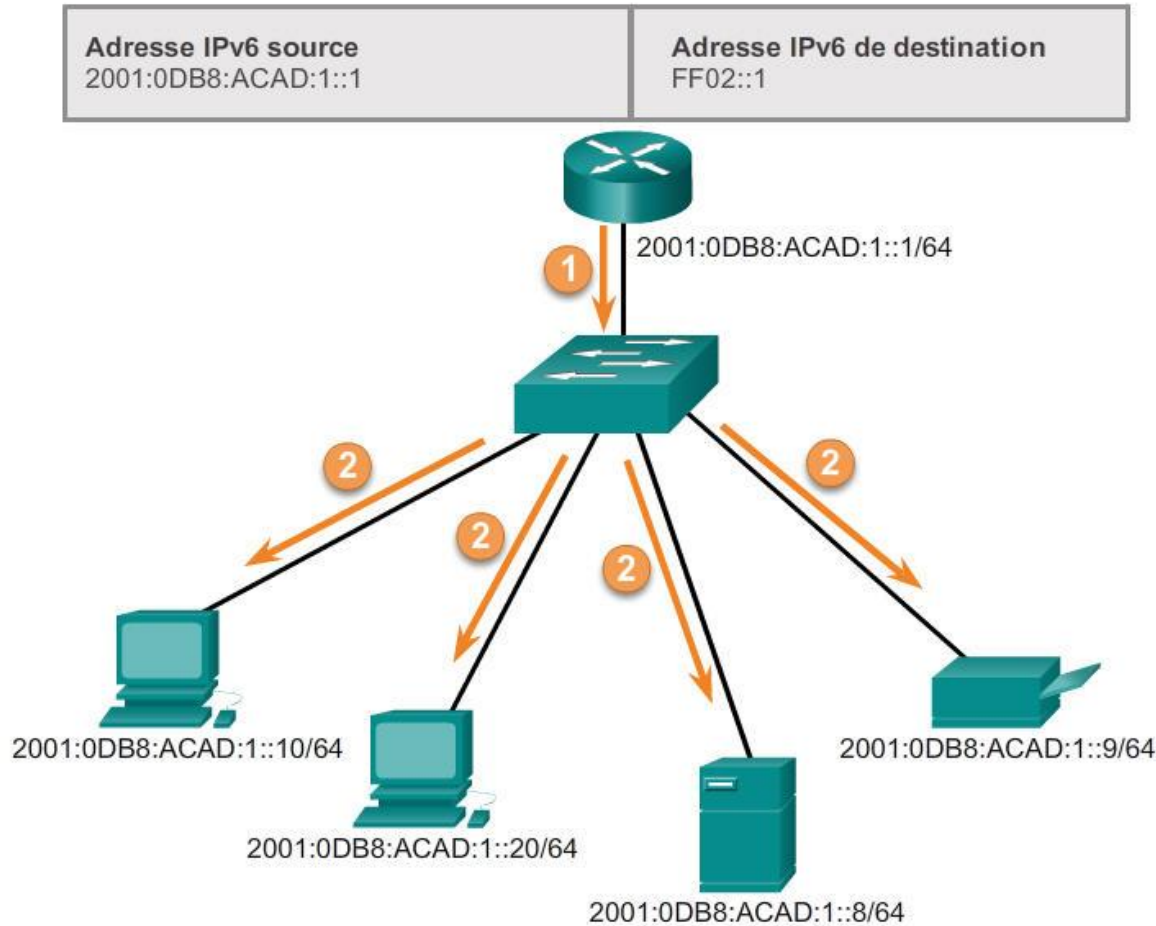
FF02::1:2 Groupe Multicast de tous les serveurs DHCPv6 sur le même lien local



Les adresses de multidiffusion IPv6

Les adresses de multicast IPv6 attribuées

Transmissions multidiffusion à tous les nœuds IPv6

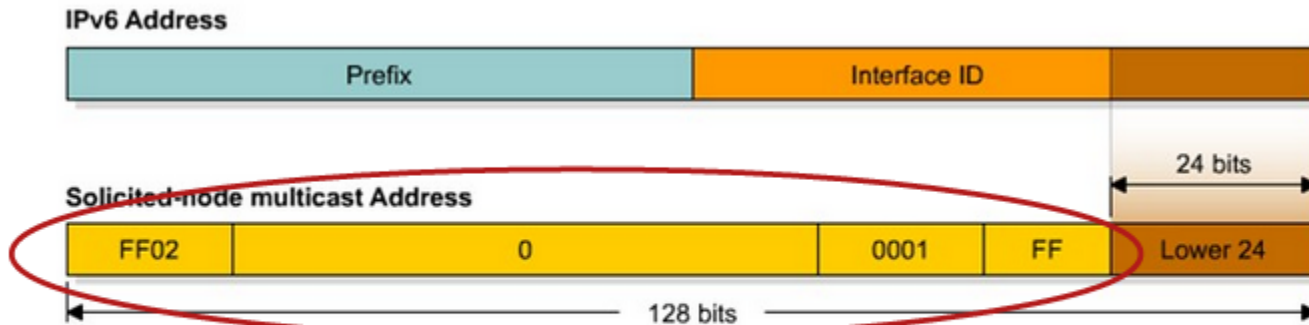




Les adresses de multidiffusion IPv6

Les adresses de multicast IPv6 de nœud sollicité

- Sont similaires à l'adresse de multidiffusion sur tous les nœuds ; concordance uniquement avec les 24 derniers bits de l'adresse de monodiffusion globale IPv6 d'un périphérique
- Sont créées automatiquement lorsque la monodiffusion globale ou les adresses de monodiffusion link-local sont attribuées
- Sont créées en combinant un préfixe FF02::1:FF00:0/104 spécial avec les 24 derniers bits de son adresse de monodiffusion



104 bits fixes et au format bien connu



Le protocole ICMP

Les messages ICMPv4 et ICMPv6

- Les messages ICMP communs à ICMPv4 et à ICMPv6 sont notamment les suivants :
 - Host confirmation (Confirmation de l'hôte)
 - Destination or Service Unreachable (destination ou service inaccessible)
 - Time exceeded (Délai dépassé)
 - Route redirection (Redirection de la route)
- Bien que le protocole IP ne soit pas un protocole fiable, la suite TCP/IP permet d'envoyer les messages via les services du protocole ICMP si certaines erreurs se produisent



Le protocole ICMP

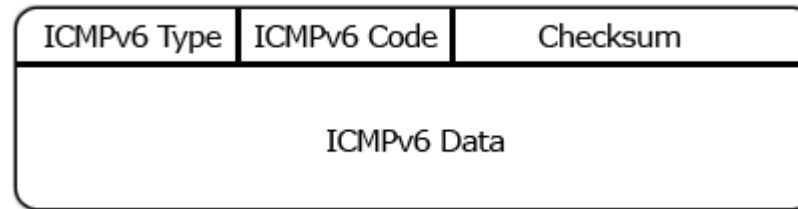
Les messages de sollicitation et d'annonce de routeur ICMPv6

- ICMPv6 inclut quatre nouveaux protocoles dans le cadre du protocole Neighbor Discovery Protocol (ND ou NDP) :
 - Message de sollicitation de routeur (RS)
 - Message d'annonce de routeur (RA)
 - Message de sollicitation de voisin (NS)
 - Message d'annonce de voisin (NA)



ICMPv6

- ICMPv6 est utilisé par les nœuds IPv6 pour rapporter les erreurs rencontrées lors du traitement des paquets et pour réaliser d'autres fonctions de la couche internet telles que le diagnostic.
- Chaque message ICMPv6 est précédé par 1 entête IPv6 et 0 ou plusieurs extensions
- L'extension ICMPv6 est identifiée par une valeur du champ Next Header égale à 58 dans l'entête qui le précède immédiatement



- Le champ TYPE code la nature du message ICMPv6:
 - Les valeurs inférieures à 127 sont réservées aux messages d'erreur
 - Les autres valeurs sont réservées aux messages d'information
- Le champ CODE précise la cause du message ICMPv6
- Le champ CHECKSUM permet de vérifier l'intégrité du paquet ICMP



ICMPv6

Type	Meaning
1	Destination Unreachable
2	Packet Too Big
3	Time Exceeded
4	Parameter Problem
128	Echo Request
129	Echo Reply
130	Group Membership Query
131	Group Membership Report
132	Group Membership Reduction
133	Router Solicitation
134	Router Advertisement
135	Neighbor Solicitation
136	Neighbor Advertisement
137	Redirect
138	Router Renumbering



ICMPv6: Packet Too Big

- ❑ PMTU : Path Maximum Transmission Unit : valeur maximale des MTU de lien (link MTU) sur un chemin donné
- ❑ Découverte de la MTU : Protocole PMTUD (messages ICMPV6)

En IPv4, chaque routeur fragmentait le paquet en fonction du MTU de la liaison suivante.

En IPv6, lorsque le paquet est trop gros, le routeur renvoie un paquet ICMPv6 avec le message Packet Too Big.

➔ C'est en effet l'émetteur (Source) qui est maintenant responsable de la fragmentation.

PMTU par défaut en IPv6: 4 352 octets.

MTU minimal autorisé pour les liens : 1280 octets (contre 576 pour l'IPv4)

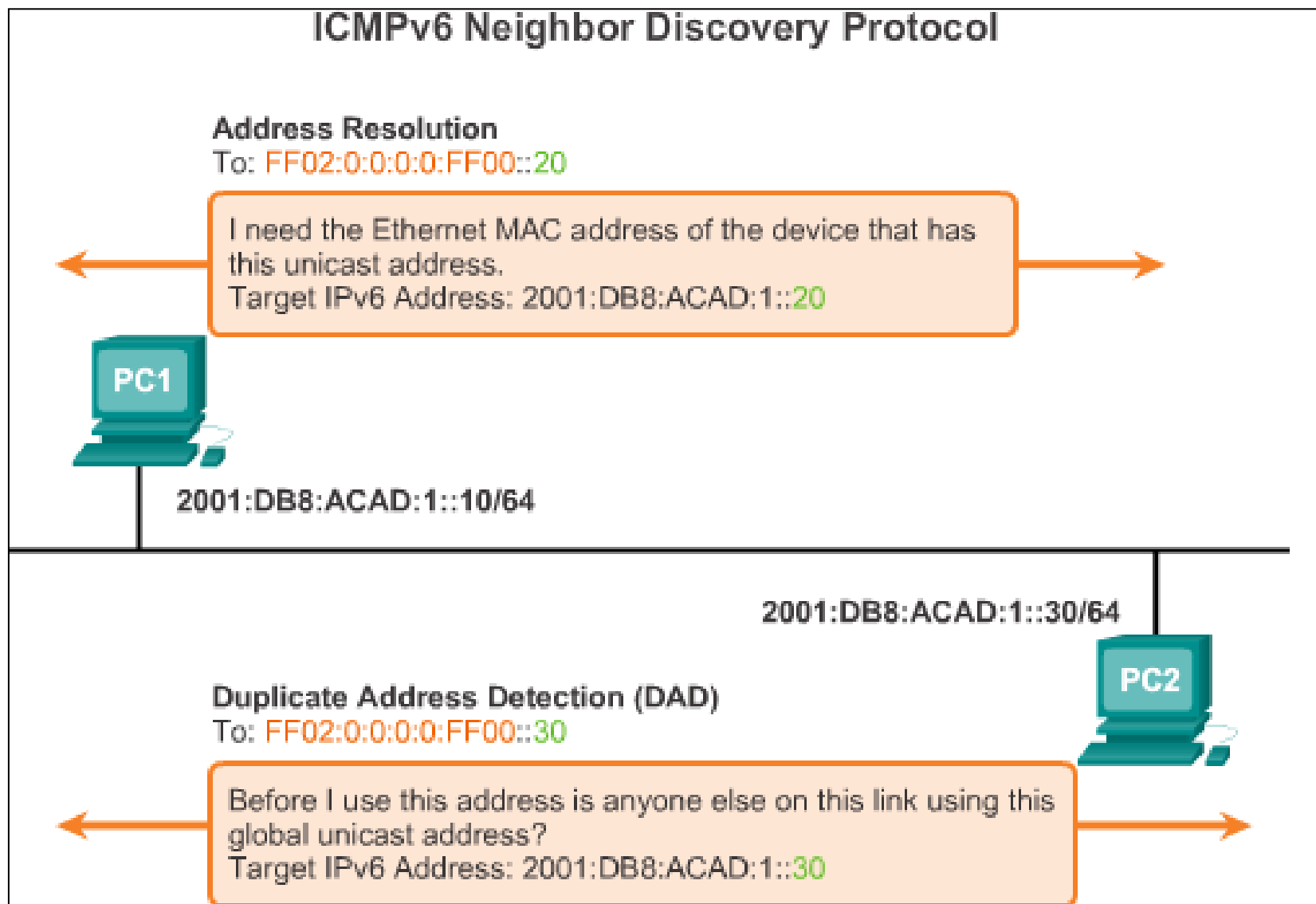


ICMPv6: messages de types NS & NA

- NS: Neighbor Solicitation (champ type=135)
- NA: Neighbor Advertisement (champ type=136)
- Ces messages sont utilisés dans le mécanisme DAD (Duplicated Address Detection) pour la vérification de l'unicité de l'adresse Link Local ou Unicast Global
 - Le message NS est envoyé soit à l'adresse Multicast sollicitée de la source soit à l'adresse de l'hôte dans le cas d'une confirmation d'accessibilité du voisin
 - Le champ adresse source contient soit l'adresse Link Local soit l'adresse indéterminée ::
 - En cas de non réponse, l'adresse Link Local est unique
 - La source émet ensuite un message NA
- Ces messages sont aussi utilisés dans la résolution d'adresse (équivalent du ARP en IPv4): la machine source connaît l'adresse IPv6 unicast de l'adresse mais ne connaît pas son adresse MAC
 - Le message NS contient l'option SLLA (Source Link-Layer Address)



ICMPv6: messages de types NS & NA



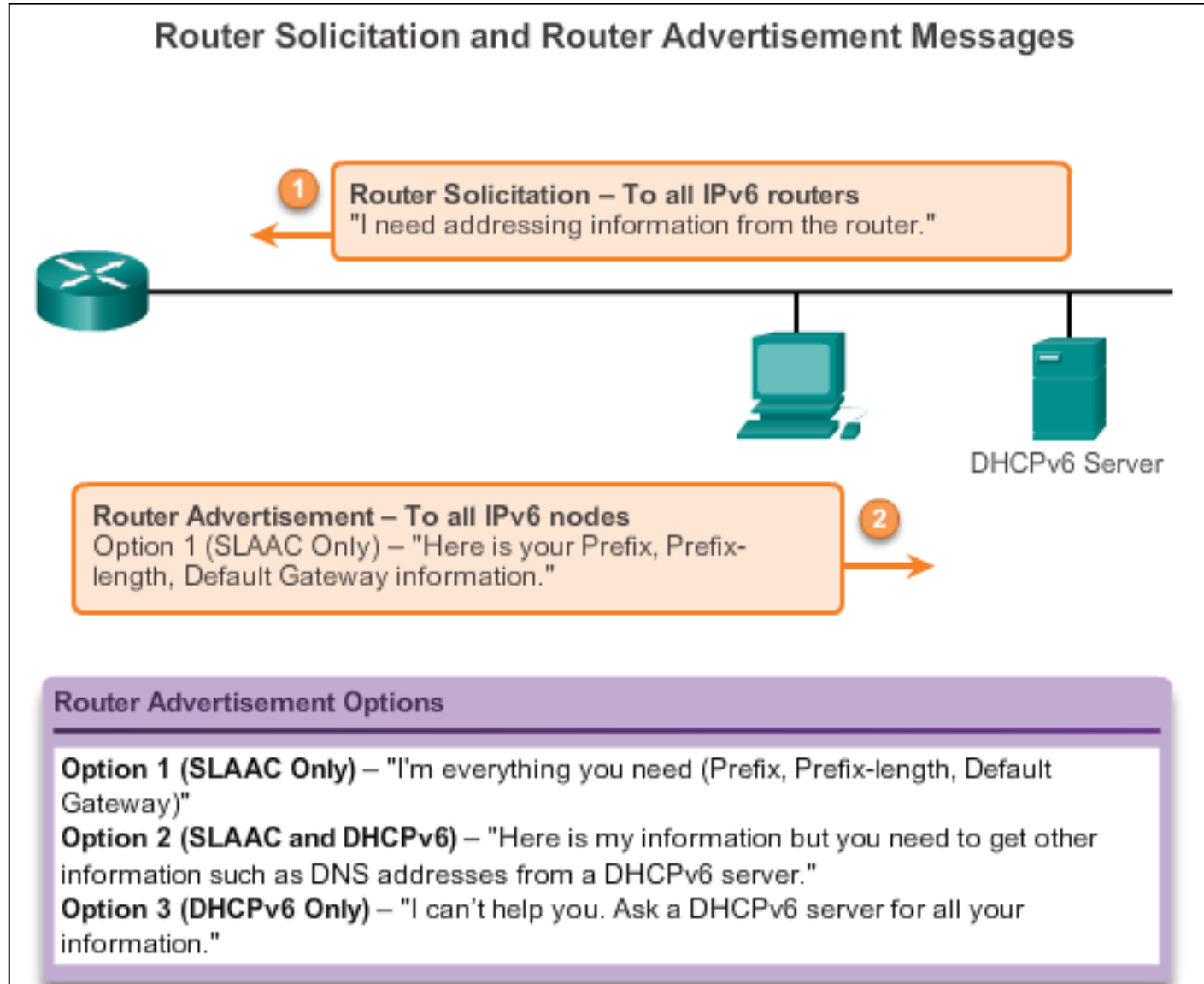


ICMPv6: messages de types RS & RA

- RS: Router Solicitation (champ type = 133): envoyée en Multicast vers les routeurs sur le même réseau local **FF02::2** pour l'auto-configuration des adresses machines
- Le message inclut l'option SLLA (Source Link-Layer Address) contenant l'adresse MAC de l'hôte source
- RA: Router Advertisement (Champ type = 134): émis périodiquement par les routeurs ou en réponse à un message RS
- Le champ adresse source contient l'adresse Link Local du routeur
- Le champ adresse destination contient soit l'adresse de l'équipement qui a envoyé le RS, soit l'adresse Multicast de toutes les machines **FF02::1**
- Ce message dicte à la machine par des bits (Flags M:Managed Address configuration et O:Other Statefull configuration), la méthode à retenir pour la configuration de l'hôte:
 - M=0 → SLAAC only
 - M=1 → DHCPv6 only
 - O=1 → SLAAC & DHCPv6



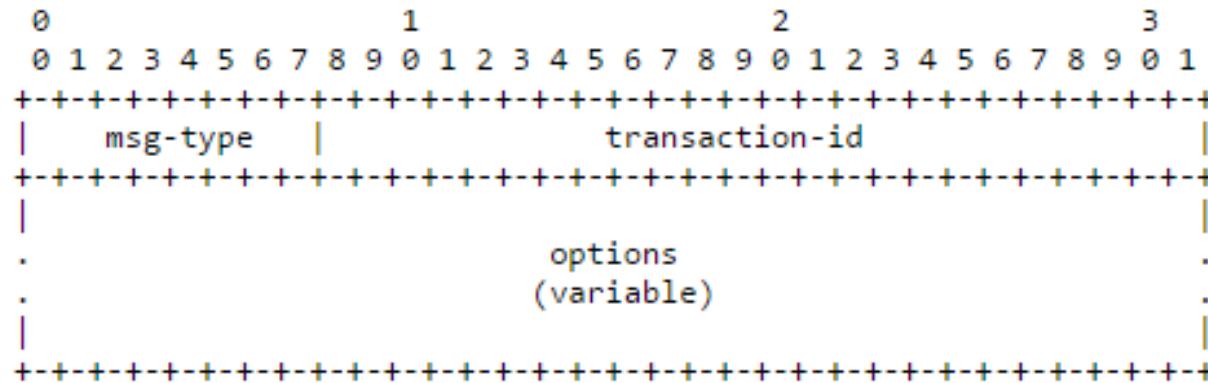
ICMPv6: messages de types RS & RA





DHCPv6

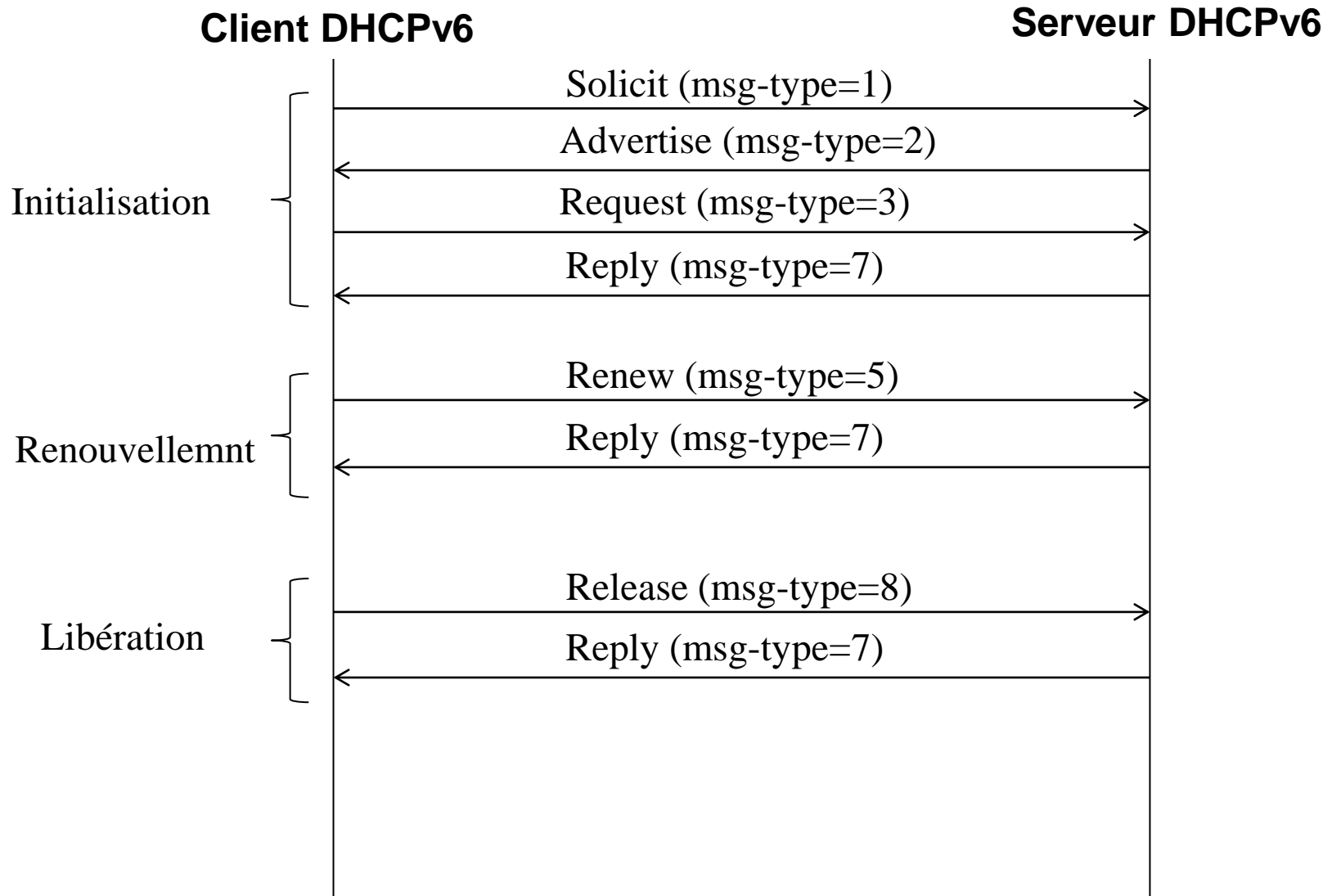
- Les messages DHCPv6 sont échangés sur les ports UDP 546 (côté client) et 547(côté serveur)



- Le champ msg-type: identifie le type du message DHCP
- Transaction-Id: identifiant de la transaction du message échangé
- options



Messages DHCPv6



Transition IPv4 - IPv6 (1)



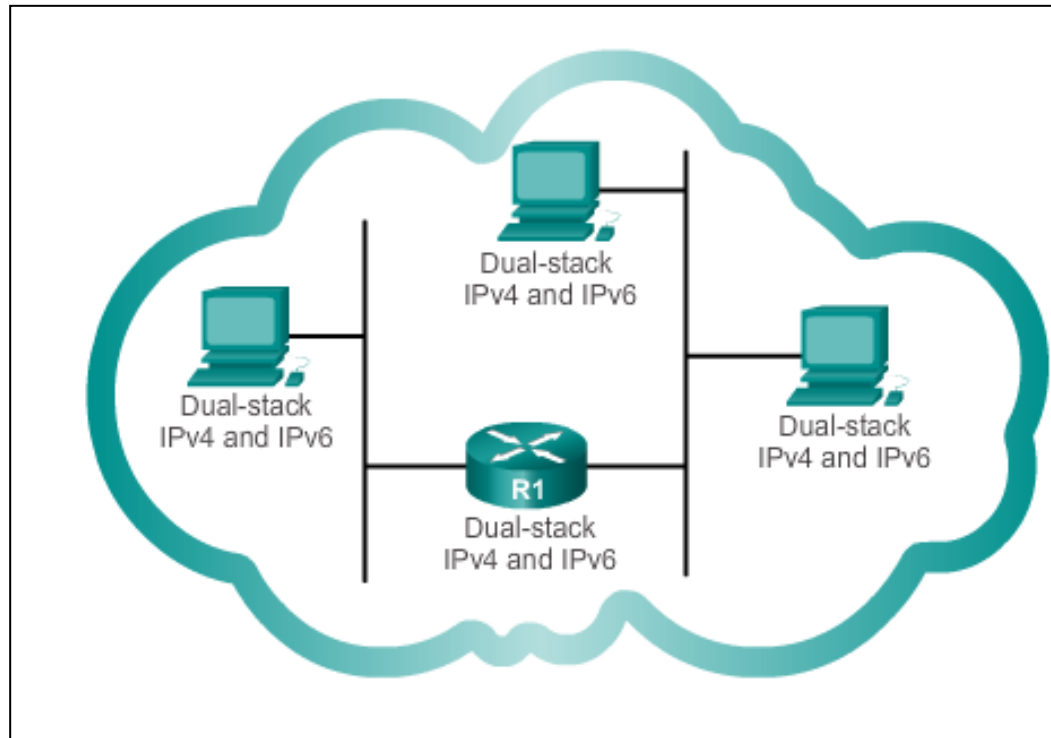
- Prévoir des méthodes de coexistence et de transition souples (pas de jour J pour le passage d'IPv4 à IPv6).
 - Permettre la mise à jour des hôtes IPv4 existants.
 - Permettre l'installation de nouveaux hôtes ou routeurs IPv6.
 - Permettre l'accès en IPv4 aux applications IPv6 des hôtes IPv4 (adresses IPv4 mappées)
- 3 techniques de transition :
 - Double pile logicielle IPv4/IPv6 (dual-stack)
 - Encapsulation de IPv6 dans IPv4 (Tunneling)
 - Tunnels configurés
 - Tunnels automatiques (adresses IPv4 compatibles)
 - Translation



Transition IPv4 - IPv6 (Dual-Stack)



- Double pile logicielle IPv4/IPv6
 - Les routeurs ont à gérer une correspondance v4-v6



Adresses spéciales

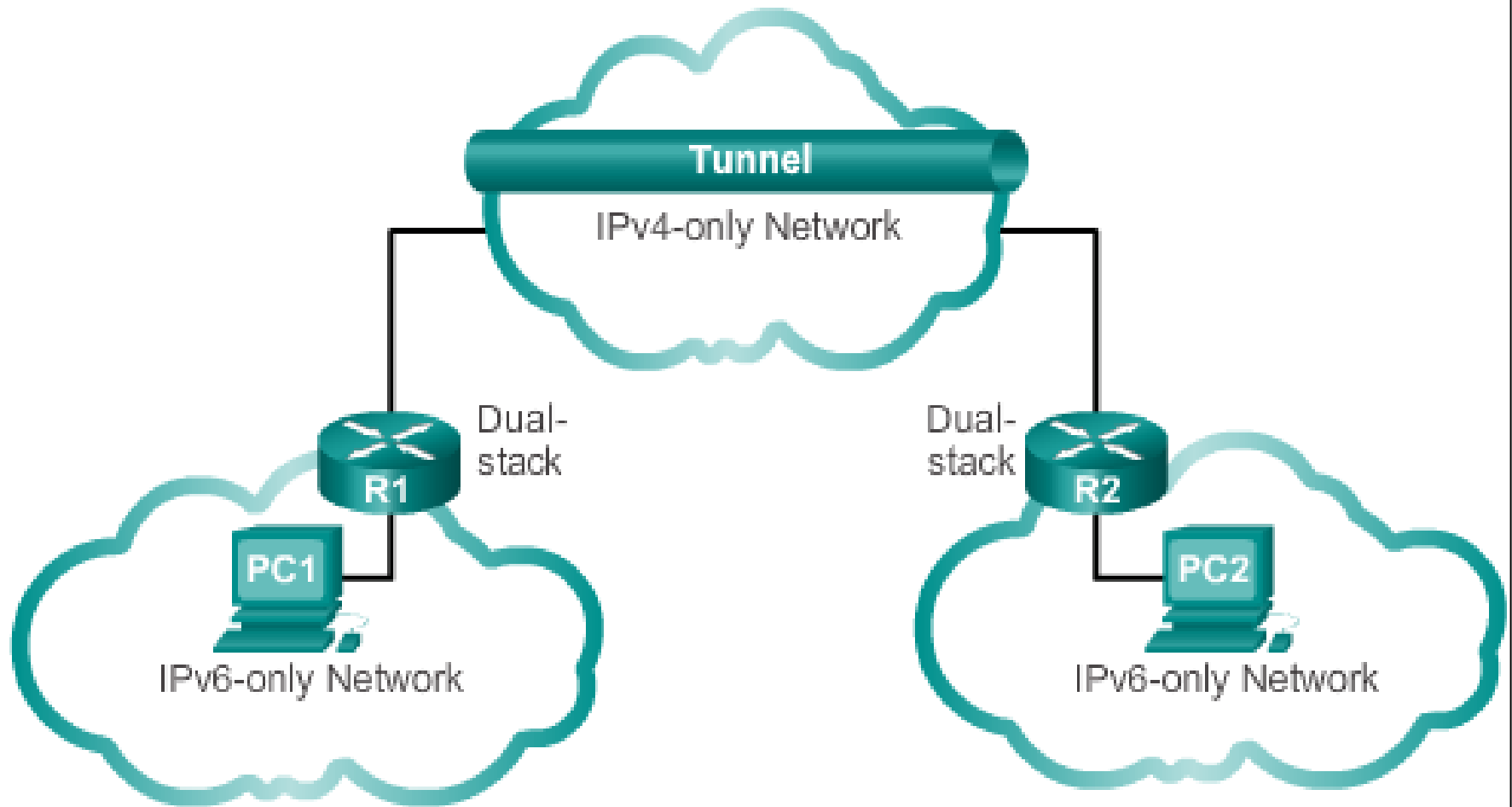


Adresse IPv4 mappée:

- Une machine IPv6 étant capable de communiquer aussi bien avec une machine IPv4 qu'avec une machine IPv6 utilise des adresses IPv4 mappées pour communiquer avec les autres machines IPv4 et utilise des adresses IPv6 normale pour communiquer avec les autres machines IPv6. La machine possède alors les deux empilements.
- Lors de son émission, si la machine doit envoyer un paquet vers un destinataire ayant une adresse IPv4 mappée, la machine formate un paquet IPv4 et l'envoie sur le réseau. En fait, une adresse IPv6 de type IPv4 mappée n'apparaît jamais sur le réseau sous cette forme.
- Ces adresses sont de la forme **::ffff:a.b.c.d** . Par exemple **:: ffff : 147.30.20.10** .



Transition IPv4 - IPv6 (Tunneling)



Adresses spéciales



➤ Adresse IPv4 compatible :

- Une machine IPv6 communiquant avec une autre machine IPv6 via un tunnel automatique IPv6/IPv4 utilise des adresses IPv4 compatibles.
- En fait, le paquet IPv6 ayant pour adresse destination une adresse IPv6 compatible (exemple :: **147.30.20.10**) est encapsulé dans un paquet IPv4 et acheminé à travers le réseau IPv4 vers l'adresse de destination **147.30.20.10** .
- Arrivé à destination (paquet IPv4), le paquet IPv6 est extrait et traité normalement par la pile de communication IPv6.



Transition IPv4 - IPv6 (Translation)



- **Principe** : le Network Address Translation 64 (NAT64) permet aux équipements IPv6 de communiquer avec les équipements IPv4 en utilisant une technique de translation similaire à NAT dans l'IPv4.
- Un paquet IPv6 est traduit en un paquet IPv4, et vice versa.

