



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Centre Universitaire de Mila  
Institut des Sciences et de la Technologie



## Administration des Réseaux

### – Chapitre 3 – Protocole IPv6

Département MI

[s.meghzili@centre-univ-mila.dz](mailto:s.meghzili@centre-univ-mila.dz)



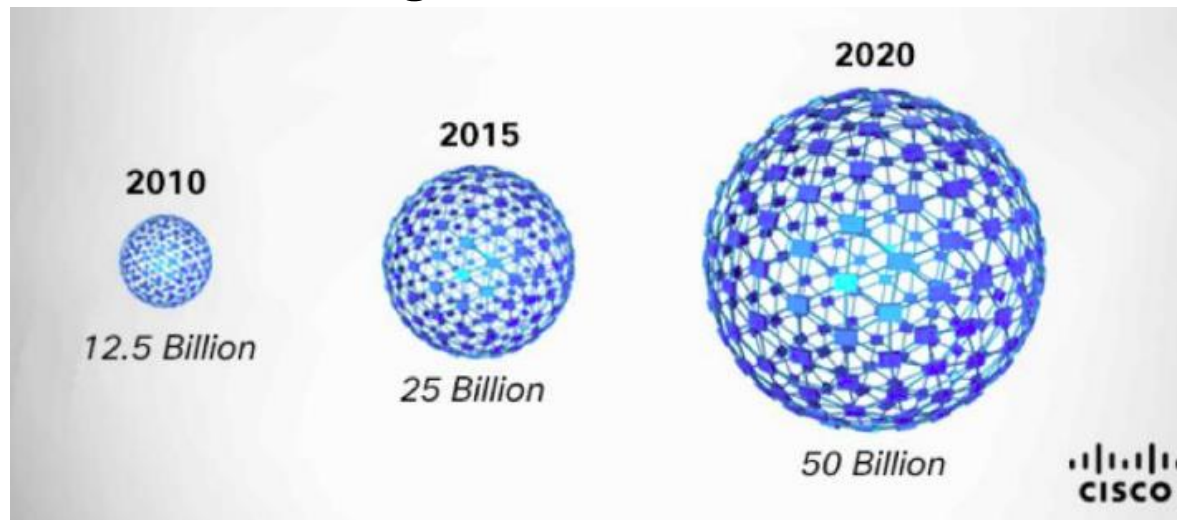
# Plan

- **Introduction**
- **Notation d'une adresse IPv6**
- **Types d'adresses**
- **En-tête IPv6**
- **Routage IPv6**
- **Techniques de transition IPv4 – IPv6**

# Introduction : Pourquoi IPv6 ?

**Espace d'adressage important** (adresses de **128 bits**)

- ✓ Résout l'**épuisement** des adresses **ipv4**
- ✓ Élimine la nécessité d'utiliser du **NAT** (traduction d'adresses)
- ✓ Permet plus de **flexibilité** dans l'attribution des adresses
- ✓ Permet une meilleure **agrégation** des routes dans les tables de routage d'internet



# Introduction : Pourquoi IPv6?

- Mécanismes d'attributions automatiques d'adresses IP
- Intégration de la sécurité (**IPSec**)
- Simplification du format de l'**entête**, qui facilite notamment le routage.

# Plan

- Introduction
- **Adresse IPv6**
- Types d'adresses
- En-tête IPv6
- Routage IPv6
- Techniques de transition IPv4 – IPv6

# Adresse IPv6

- Une adresse **IPv6** est d'une longueur de **16 octets**, soit **128 bits**.
- On abandonne la notation **décimale pointée** par une écriture **hexadécimale**, où les **8 groupes de 2 octets** sont séparés par un signe **deux-points**

1fff:0000:0a88:85a3:0000:0000:ac1f:8001

# Format d'adresse IPv6

- Contient **8** nombres **hexadécimaux** de **16** bits
- Les numéros sont séparés par (:)
- Les nombres **hexadécimaux** ne sont pas sensibles à la casse
- Les **abréviations** sont possibles :
  - Les blocs de zéros **contigus** peuvent être représentés par (::)

Exemple:

2001:0db8:0000:130F:0000:0000:087C:140B

2001:0db8:0:130F::87C:140B

Les doubles points ne peuvent apparaître qu'une seule fois dans l'adresse

- Les zéros non significatifs d'un bloc peuvent être omis

Exemple:

2001:0db8:00e2:0300::087C:140B

2001:db8:e2:300::87C:140B

# Adresse IPv6: exemple

- Comprimez l'@ suivantes :

2001:0db8:0000:0000:b450:0000:0000:00b4

2001:0db8:0000:0000:b450:0000:0000:00b4

**Résultat** : 2001:db8::b450:0:0:b4

- Décompressez l'@ suivantes :

2001::871:0:A14:23

**Résultat** : 2001:0000:0000:0000:0871:0000:0A14:0023



# Représentation d'adresse IPv6

## Représentation d'adresse de **bouclage**

**0:0:0:0:0:0:0:1=> ::1**

Le même que 127.0.0.1 dans IPv4

S'identifie lui même

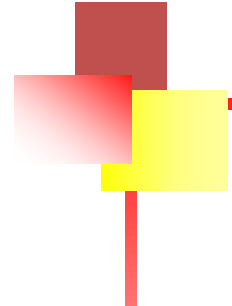
- Représentation d'adresse **non spécifiée**

**0:0:0:0:0:0:0:0=> ::**

Utilisé comme espace réservé lorsqu'aucune adresse n'est disponible (Demande DHCP initiale, Détection d'Adresses Double DAD) PAS la route par défaut

- Représentation d'itinéraire par défaut **::/0**
- Les adresses **globales** : débute par **2000::/3**
- Les adresses **Multicast** : débute par **FF00::/8**
- Les adresses **privées** : **Link-local & Site-local**

# Portée de l'adresse IPv6



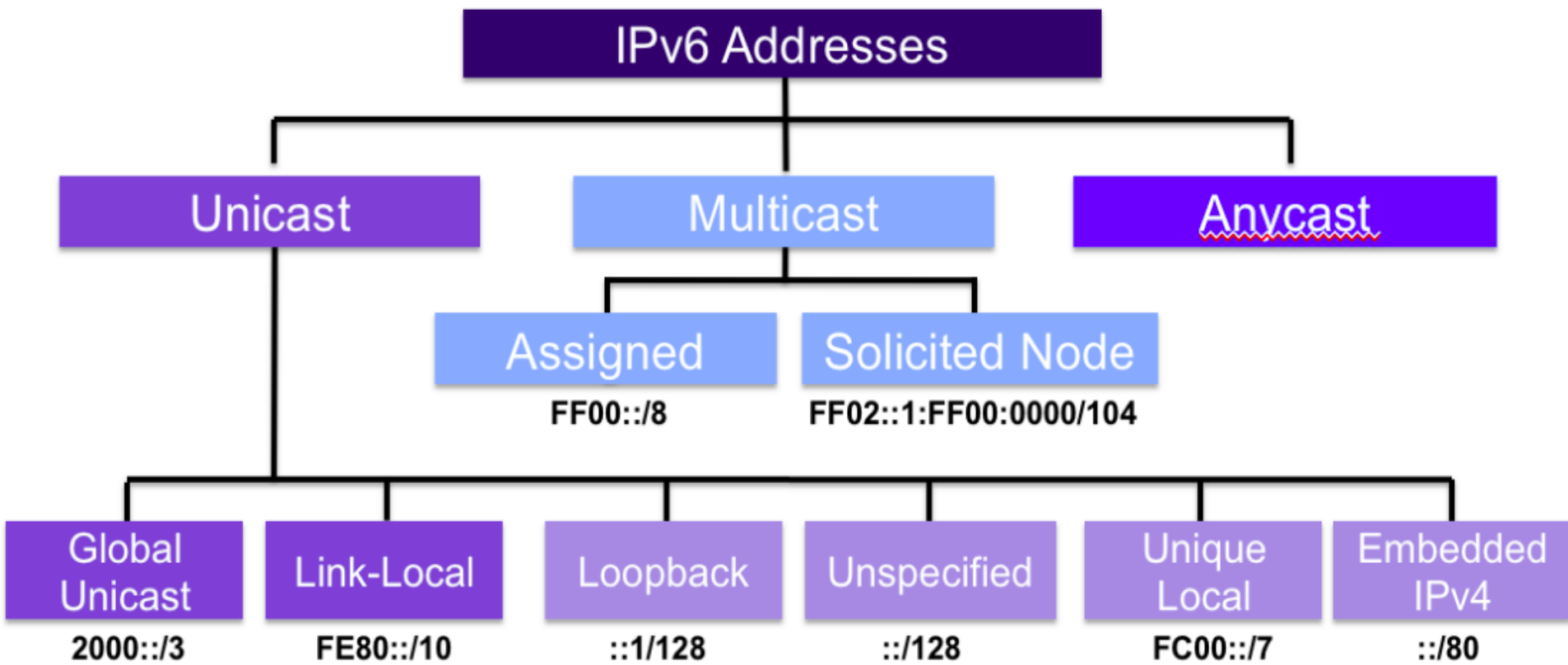
- Les adresses sont attribuées aux interfaces
- Interface «prévues» pour avoir plusieurs adresses
- Les adresses ont une portée
  - Lien Local
  - Unique Local
  - Global



- L'algorithme de sélection d'adresse source sélectionne l'adresse IP source avec une étendue  $\geq$  supérieure à l'étendue de l'adresse de destination
- Les adresses ont une durée de vie (annoncées via RA ou DHCP)
  - Durée de vie valide et préférée

# Types d'adresses IPv6

## IPv6 Address Types



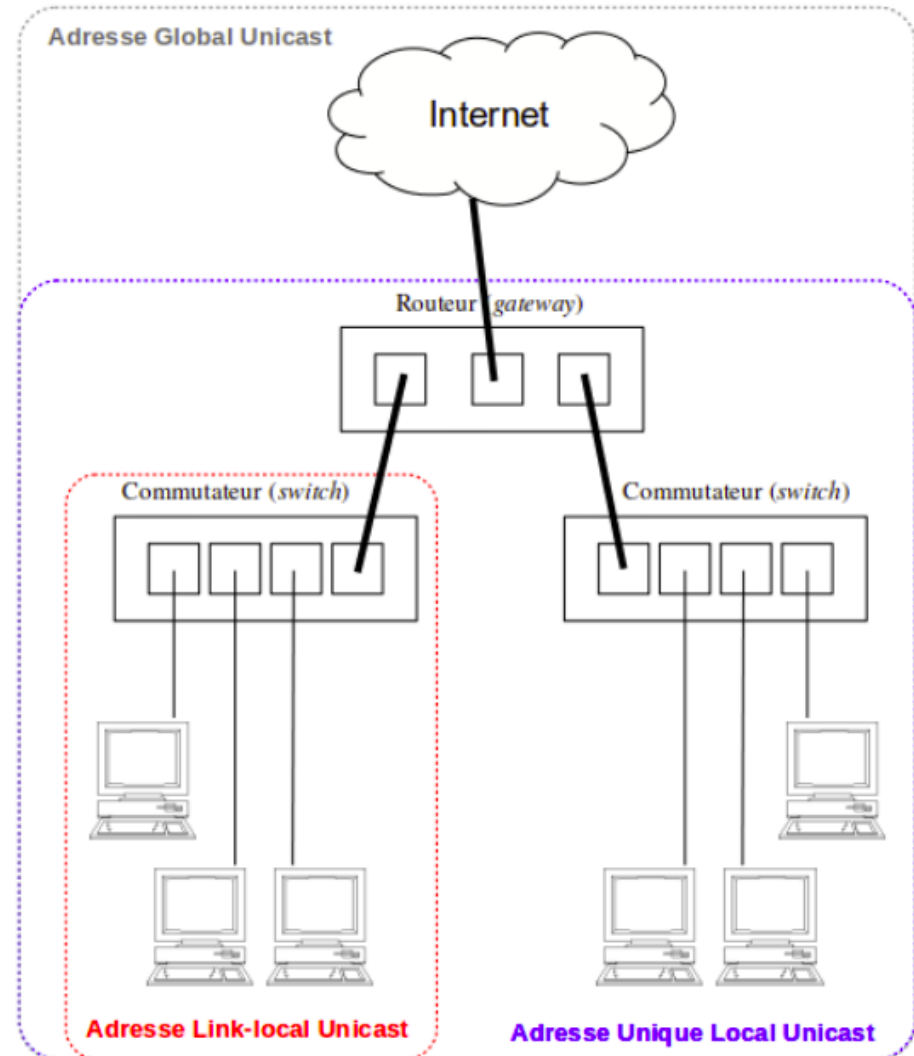
# Types d'adresses IPv6

- **Unicast** : Adressage *point à point* classique. Adresse pour une interface *unique*.
- **Multicast** : Adressage de diffusion *multidestinataire*. Utilise une plage d'@ plus vaste.
- **Anycast** :
  - Adressage de diffusion au premier vu (**plus proche**) .
  - Plusieurs équipements **partagent** la même adresse.
  - Les routeurs décident de l'**équipement** le plus proche pour atteindre la destination **Anycast**

# Types d'adresses IPv6: **Unicast**

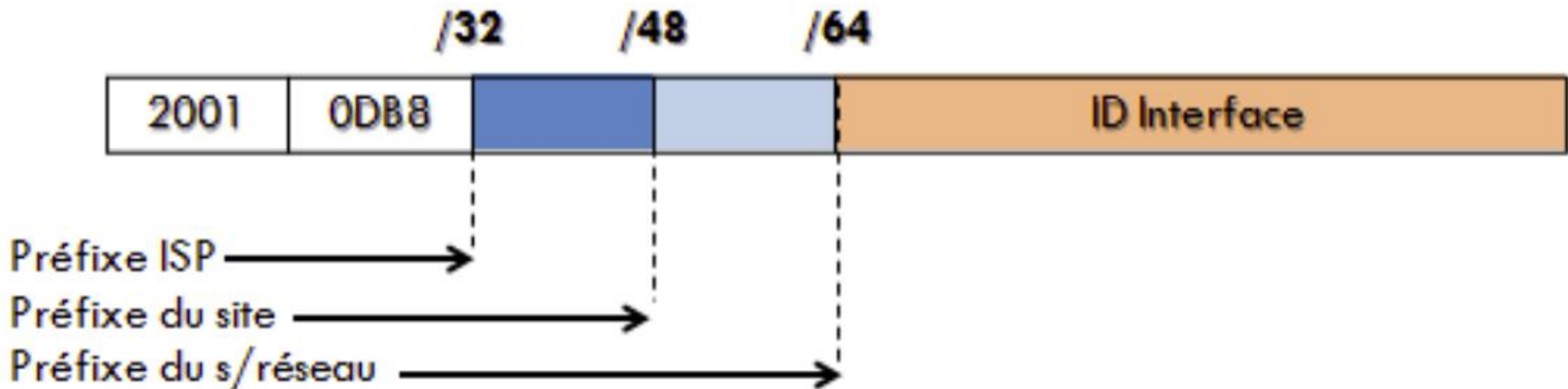
un « nœud » a toujours :

- une adresse **link-local**.
- Il peut avoir une adresse **unique local**,
- Et une ou plusieurs adresses **globales**.



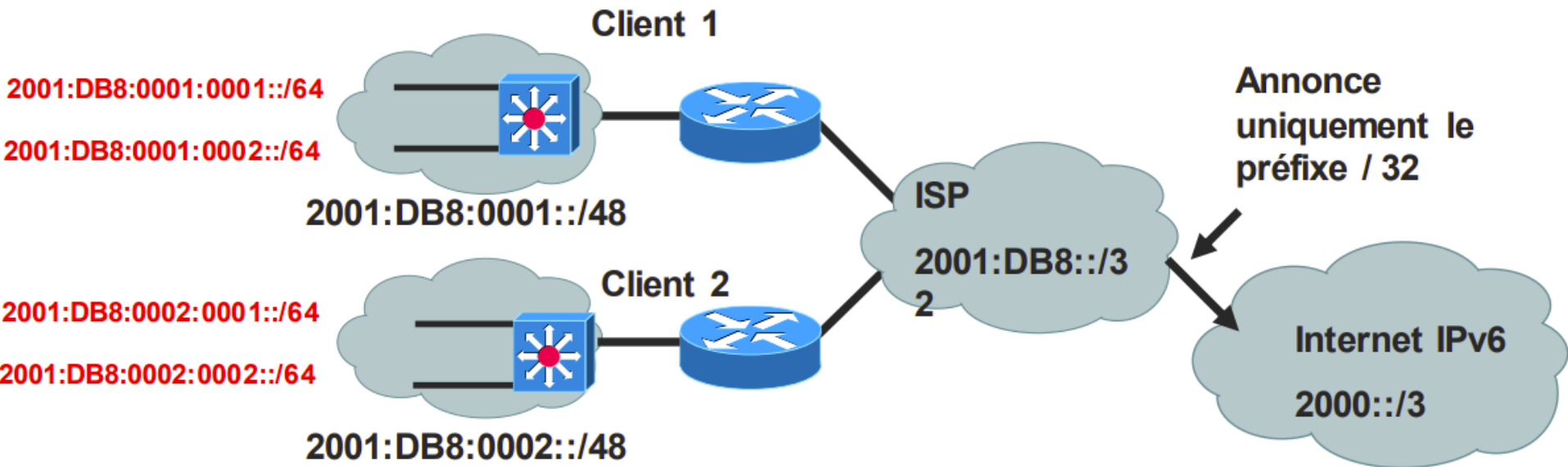
# Adresse **unicast** IPv6 : globale

- Adresses pour l'utilisation générique d'IPv6
- Structuré comme une hiérarchie pour essayer de conserver l'agrégation
- Routé via **Internet** IPv6



*ID Interface* peut être attribué d'une manière **Statique** ou **Dynamique**.

# Unicast globale: Adressage hiérarchique et agrégation



# Adresse IPv6 Unicast

## Attribution d'une adresse unicast IPv6

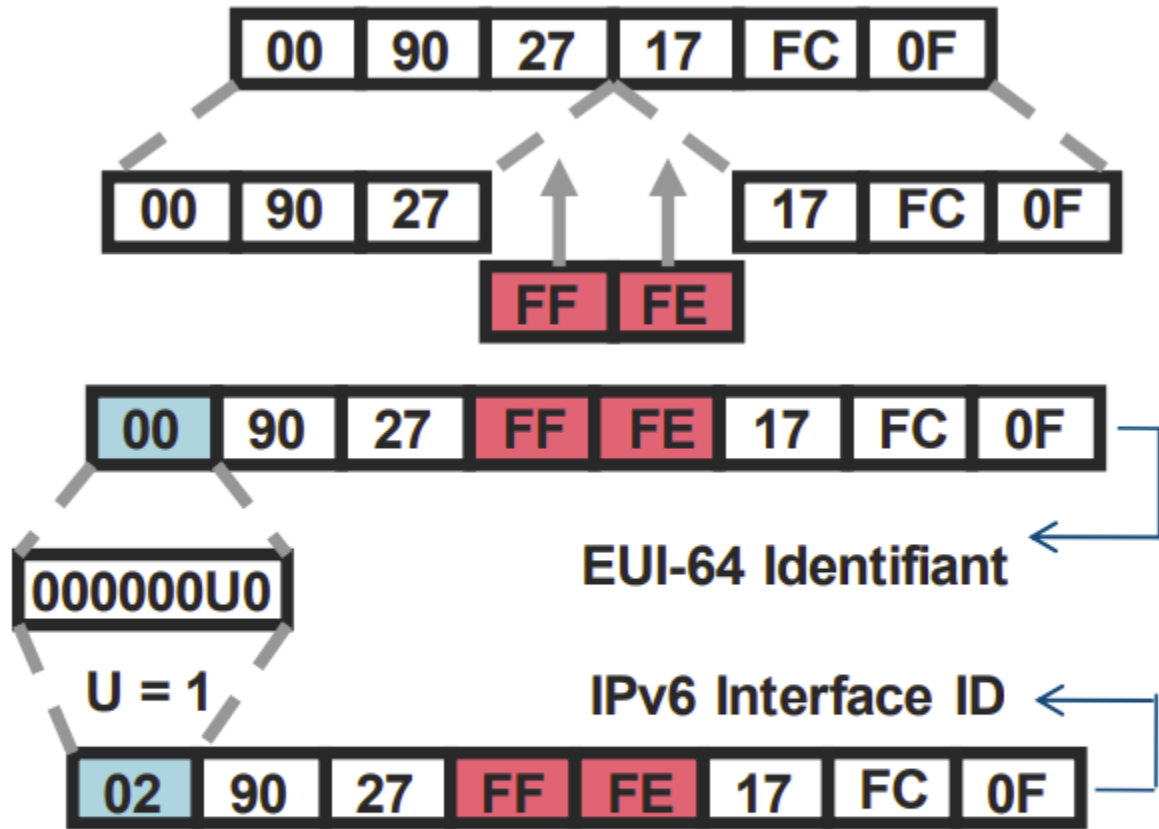
Attribution statique	Attribution d'un ID d'interface manuelle.
	Attribution d'un ID d'interface EUI-64.
Attribution dynamique	DHCP v6 .
	Configuration automatique statique.

## Identifiant d'interface EUI-64 IPv6

- Le format **EUI-64** étend l'adresse MAC de **48** bits à **64** bits en insérant **FFFE** dans les **16** bits du **milieu**.
- Pour garantir que l'adresse choisie est **unique**, le bit **U/L** est défini sur **0** pour l'étendue globale (**1** pour l'étendue locale)

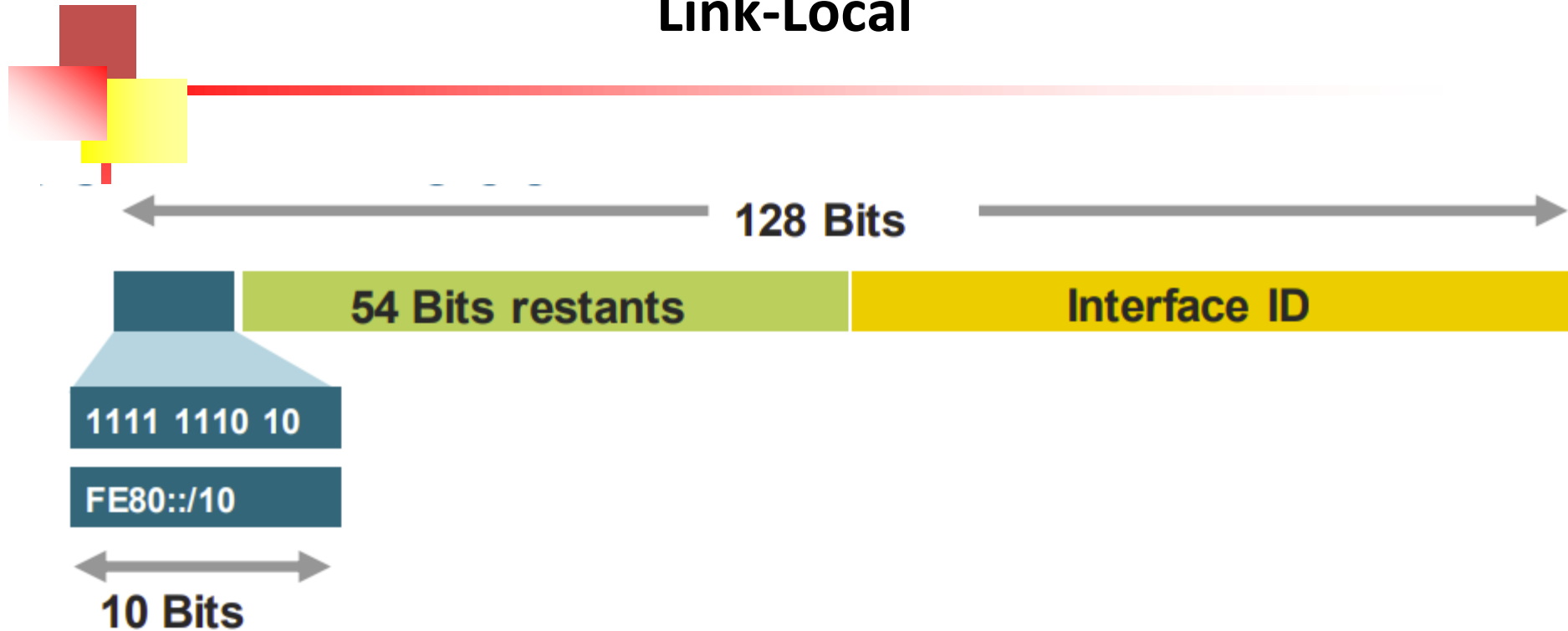


# Identifiant d'interface IPv6



Où U =  $\begin{cases} 1 = \text{Unique} \\ 0 = \text{Non Unique} \end{cases}$

# Adresse IPv6 Unicast : Link-Local



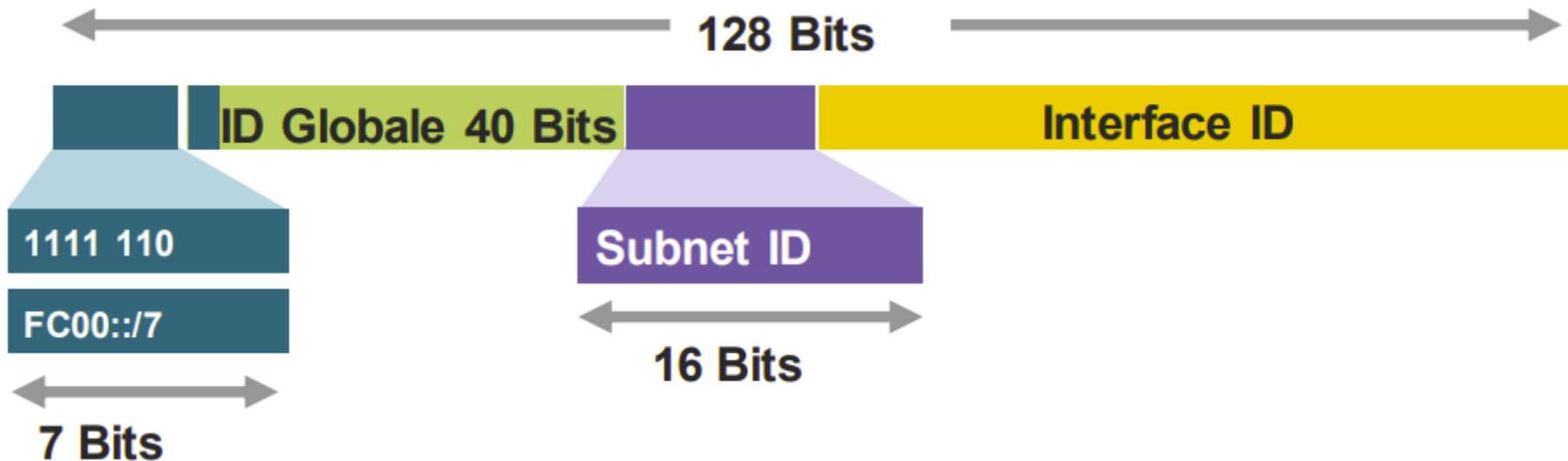
- o Adresse ayant une portée limitée à la liaison : débute par ***FE80::/10***.
- o Utilisé durant **l'Auto-Configuration**.
- o Adresse configuré **automatiquement** par le routeur à l'aide de EUI-64.
- o Utilisée pour le **Neighbor Discovery** dans le **protocole de routage**.
- o Un routeur ne **transmet jamais** le trafic **Link-local**

Les 54 bits restants peuvent être nuls ou configurés manuellement.

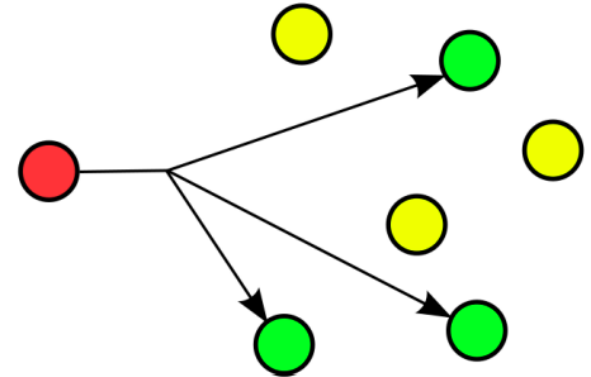
- Cisco IOS utilise tous les 0 pour les 54 bits restants (FE80::/64)

# Adresse IPv6 Unicast : Site-Local

- o Site-local : débute par **FC00::/7**
  - o Adresse équivalente aux adresses **privée IPv4** (EX : **10.0.0.0/8**)
  - o Non routable sur Internet
- L'utilisation ULA inclut :
- Communications locales
  - Inter-sites VPN (fusions et acquisitions)
  - L'ID global peut être généré à l'aide d'un algorithme



# Adresse IPv6 Multicast



- L'adresse de multidiffusion IP a un préfixe FF00::/8 (1111 1111)  
Le deuxième octet définit la durée de vie et la portée

8-bit	4-bit	4-bit	112-bit
1111 1111	0 R P T	Scope	Format variable

Flags	
R = 0	Pas de RP intégré
R = 1	RP intégré
P = 0	Non basé sur unicast
P = 1	Basé sur unicast
T = 0	Adresse permanente (assignée par IANA )
T = 1	Adresse temporaire (assignée localement)

Scope	
1	Nœud
2	Link
3	Subnet
4	Admin
5	Site
8	Organisation
E	Global

# Adresse IPv6 Multicast (flags)

Pour les adresses *multicast* ff00::/8

Les 4 bits les plus significatifs du 2e octet (ffx0::) sont :

```
+--+--+--+  
|0|R|P|T|  
+--+--+--+
```

- T = 0 : une adresse multicast permanente « bien connu » ("well-known"), assignée par l'IANA
- T = 1 : une adresse multicast temporaire (transitoire ou dynamique)
- P = 0 : adresse multicast qui n'est pas assignée en fonction d'un préfixe réseau
- P = 1 : adresse multicast qui est attribuée en fonction du préfixe du réseau. Si P = 1, T DOIT être mis à 1.
- R : voir la RFC 3956
- 0 : le bit de poids fort est réservé et doit être initialisé à 0.

# Adresse IPv6 Multicast (Scope)

Pour les adresses *multicast* ff00::/8

Les 4 bits les moins significatifs du 2e octet (ff0x::) identifient la portée de l'adresse :

- x=1 : l'adresse *multicast* est locale à l'hôte,
- x=2 : l'adresse est locale au lien,
- x=5 : l'adresse est locale au site,
- x=8 : l'adresse est locale à l'organisation,
- x=e : l'adresse est globale.

# Adresse IPv6 Multicast- Basée sur Unicast

- Similaire à GLOP dans IPv4 (233.0.0.0/8)
- Chaque préfixe Unicast est livré avec  $2^{32}$  adresses de multidiffusion

Header	4 Bits	4 Bits	8 Bits	8 Bits	64 Bits	32 Bits
1111 1111	0 0 1 1	Scope	0s	Len	Préfixe Unicast	Group ID

Exemple	
Préfixe	2001:db8:cafe:1::
Scope	E (Global)
Group ID	11ff:11ee

**FF3E:40:2001:DB8:CAFE:1:11FF:11EE**

- La gamme SSM (FF3x::/96) fait partie de la gamme de multidiffusion basée sur Unicast.

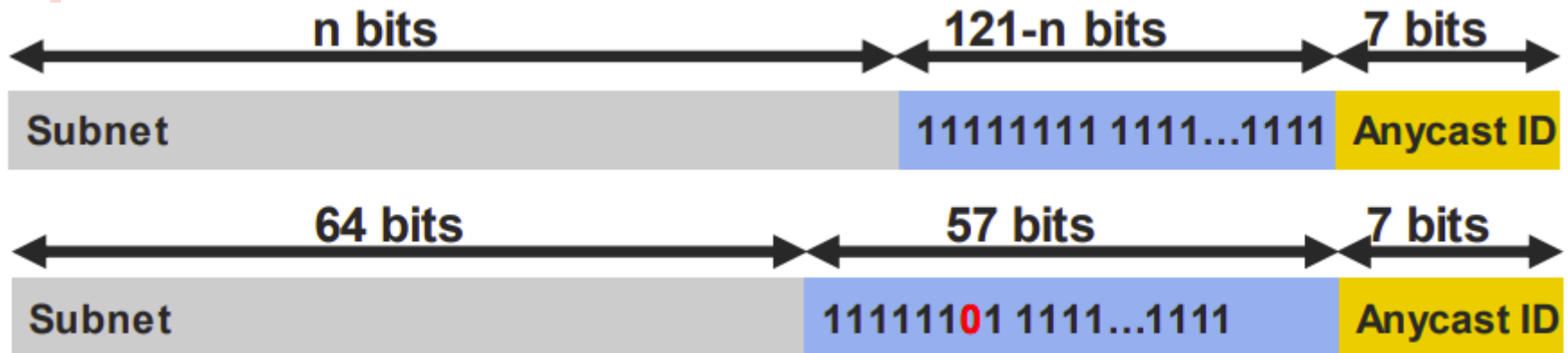
Exemple @ multicast :

**ff02::1** ip6-allnodes

**ff02::2** ip6-allrouters

# Adresse IPv6 Anycast

- Les adresses **Anycast** sont des adresses **unicast** attribuées à plusieurs **nœuds/routeurs**.
- **Aucune plage** spéciale pour les adresses Anycast
- Les adresses d'ordre élevé (dernières **128** adresses) d'un sous-réseau sont réservées à **Anycast**



- Avec l'ID d'interface EUI-64, le 7ème bit (universel / local) est défini sur 0 pour indiquer que l'ID d'interface n'est pas unique.
- Ex: MIPv6 Home Agent utilise un ID Anycast = 7E

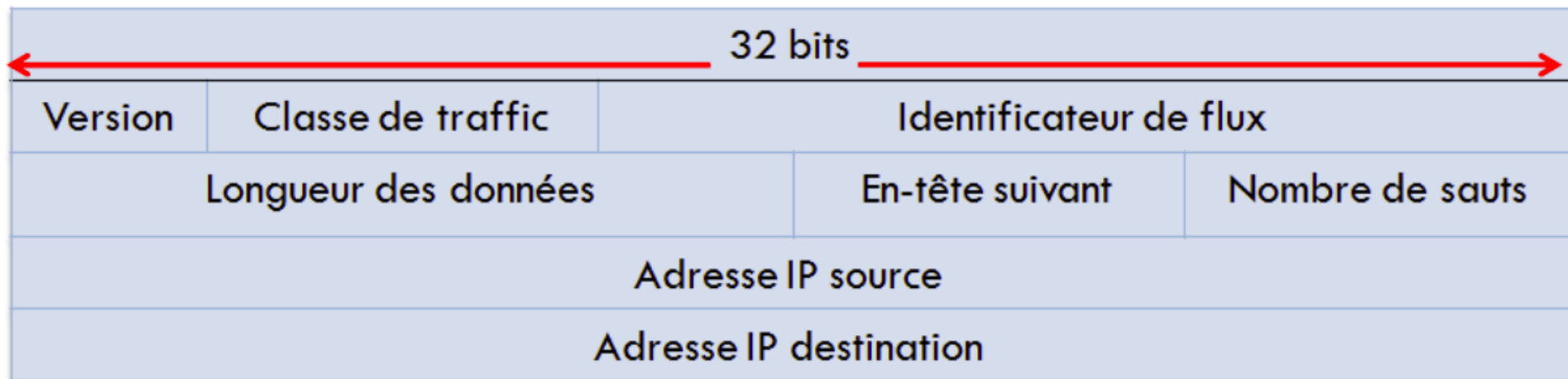


# Plan

- Introduction
- Adresse IPv6
- Types d'adresses
- **En-tête IPv6**
- Routage IPv6
- Techniques de transition IPv4 – IPv6

# En-tête IPv6

- L'en-tête du datagramme de base **IPv6** ne comprend que **8 champs** (contre **13** pour **IPv4**). Ce changement permet aux routeurs de traiter les datagrammes **plus rapidement**.
- IPv6 apporte une plus grande **sécurité**: L'**authentification** et la **confidentialité** constituent les fonctions de sécurité majeures du protocole IPv6.



# En-tête IPv6

- **Version (4 bits)** : pour IPv6.
- **Classe de trafic (8 bits)** : utilisé dans la qualité de service.
- **Identificateur de flux(20 bits)** : permet le marquage d'un flux pour un traitement différencié dans le réseau.
- **Longueur des données Payload (16 bits)** : ne contient que la taille des données utiles, sans prendre en compte la **longueur de l'en-tête**
- **En-tête suivant(8 bits)** : identifie le type de header qui suit immédiatement selon la même convention qu'IPv4.
- **Nombre de sauts(8 bits)** : décrémenté de 1 par chaque routeur, le paquet est détruit si ce champ atteint 0 en transit.
- **Adresse source(128 bits)** : Adresse source
- **Adresse destination (128 bits)** : adresse destination.

# En-tête IPv4 vs En-tête IPv6 (2)

## IPv4 Header

Version	IHL	Type of Service	Total Length	
Identification		Flags	Fragment Offset	
Time to Live	Protocol	Header Checksum		
Source Address				
Destination Address				
Options			Padding	

## IPv6 Header

Version	Traffic Class	Flow Label		
Payload Length		Next Header	Hop Limit	
Source Address				
Destination Address				

### Legend

- Nom du champ conservé d'IPv4 à IPv6
- Champs non conservés dans IPv6
- Nom et position modifiés dans IPv6
- Nouveau champ dans IPv6

# Plan

- Introduction
- Adresse IPv6
- Types d'adresses
- En-tête IPv6
- **Routage IPv6**
- Techniques de transition IPv4 – IPv6

# IPv6 Routage

IPv6 supporte les routages suivants :

- Routage **statique**
  - **RIPng**
  - **OSPFv3**
  - **IS-IS** for IPv6
  - **EIGRP** for IPv6
  - **Multiprotocol BGP** version 4 (MP-BGPv4)
- Pour chaque routage au-dessus, la commande: ***ipv6 unicast-routing*** doit être configurée.



# Routage statique

- Configuré de la même manière que IPv4.
- Il existe une exigence spécifique à IPv6 par RFC 2461.
  - Un routeur doit être capable de déterminer l'adresse **link-local** de chacun de ses routeurs voisins pour s'assurer que l'adresse cible d'un message de redirection identifie le routeur voisin par son adresse **link-local**.
  - Cette exigence signifie essentiellement que l'utilisation d'une adresse de monodiffusion globale comme adresse de saut suivant avec routage n'est pas recommandée.

# Routage statique

- Configure an IPv6 static route.

Router(config) #

```
ipv6 route ipv6-prefix/prefix-length {ipv6-address | interface-  
type interface-number [ipv6-address]} [administrative-distance]  
[administrative-multicast-distance | unicast | multicast]  
[next-hop-address] [tag tag]
```



# Paramètres de la commande ipv6 route

Parameter	Description
<i>ipv6-prefix/prefix-length</i>	The IPv6 network that is the destination of the static route, and its prefix length.
<i>ipv6-address</i>	The IPv6 address of the next hop that can be used to reach the specified network.
<i>interface-type</i> <i>interface-number</i>	Specifies interface through which the destination network can be reached.
<i>administrative-distance</i>	Administrative distance; the default value is 1, which gives static routes precedence over any other type of route except connected routes.
<i>administrative-multicast-distance</i>	The distance used when selecting this route for multicast Reverse Path Forwarding (RPF).
<b>unicast</b>	Specifies a route that must not be used in multicast RPF selection.
<b>multicast</b>	Specifies a route that must not be populated in the unicast RIB.
<i>next-hop-address</i>	Address of the next hop that can be used to reach the specified network.
<b>tag</b> <i>tag</i>	Tag value that can be used as a “match” value for controlling redistribution via route maps.

# Types des Routes statiques (1)

- **Route statique IPv6 directement attachée :**

- Créé en utilisant uniquement l'interface **sortante**.
  - L'interface spécifiée doit être opérationnelle et avoir **IPv6 activé**.
- Par exemple, pour spécifier que **2001:CC1E::/32** est accessible via l'interface **Serial 0/0/0** :

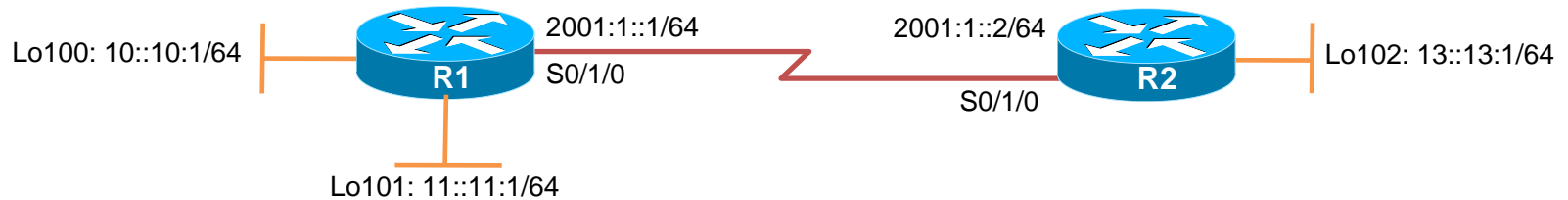
```
ipv6 route 2001:CC1E::/32 serial 0/0/0
```

- **Route statique recursive :**

- Créé en utilisant uniquement le paramètre d'adresse du **saut suivant**.
- Le routeur doit se référer une deuxième fois à sa table de routage pour déterminer l'interface à utiliser pour atteindre l'adresse du saut suivant.
- Par exemple, pour spécifier que **2001:CC1E::/32** est accessible via le voisin avec l'adresse **2001:12::1** :

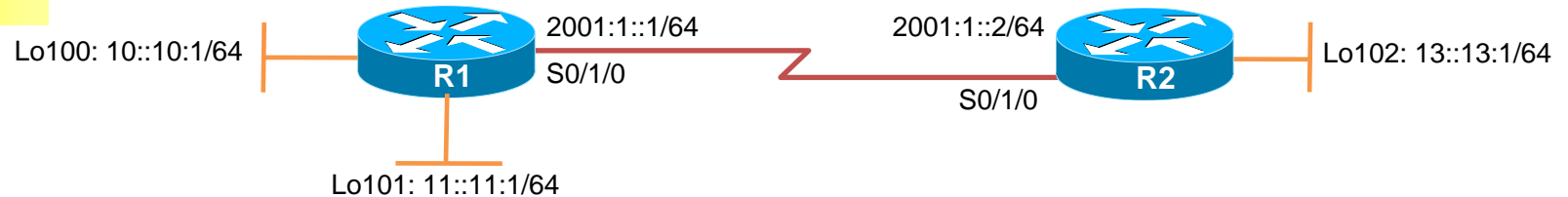
```
ipv6 route 2001:CC1E::/32 2001:12::1
```

# Exemple d'une route statique (1)



- Dans cet exemple de topologie, supposons que R1 est le routeur du site central et que R2 est un routeur du site de la filiale.
- Une route statique vers le réseau 13::13:1/64 doit être configurée sur R1.
- De plus, une route statique par défaut sera configurée sur R2 pour atteindre tous les autres réseaux.

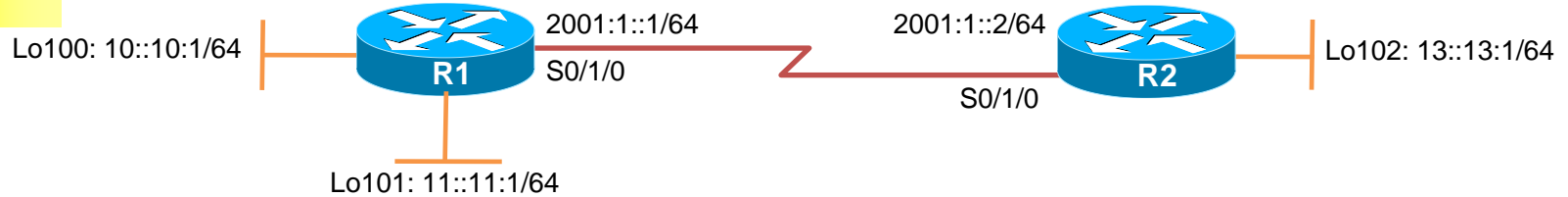
# Exemple d'une route statique (2)



```
R1(config)# ipv6 unicast-routing
R1(config)# ipv6 route 13::/64 s0/1/0
R1(config)# exit
R1# show ipv6 route static
IPv6 Routing Table - 9 entries
Codes: C - Connected, L - Local, S - Static, R - RIP, B - BGP
       U - Per-user Static route
       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
S       13::/64 [1/0]
        via ::, Serial0/1/0
R1#
```

- Une route statique vers le réseau 13::13:1/64 est configurée dans R1.

# Exemple d'une route statique (3)



```
R2(config)# ipv6 unicast-routing
R2(config)# ipv6 route ::/0 s0/1/0
R2(config)# exit
R2# show ipv6 route static
IPv6 Routing Table - 9 entries
Codes: C - Connected, L - Local, S - Static, R - RIP, B - BGP
       U - Per-user Static route
       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
S      ::/0 [1/0]
       via ::, Serial0/1/0
R2#
```

- Une route statique par défaut, telle que spécifiée par l'entrée « **::/0** », est désormais configurée sur **R2** pour atteindre tous les autres réseaux.

# Exemple d'une route statique (4)



```
R1# ping 13::13:1
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 13::13:1, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 12/13/16 ms
R1#
```

```
R2# ping 10::10:1
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 10::10:1, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 12/12/16 ms
R2#
R2# ping 11::11:1
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 11::11:1, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 12/15/16 ms
R2#
```

# Protocole RIPng

- **Routing Information Protocol next generation (RIPng, RFC 2080)** est un protocole de routage à **vecteur de distance** pour IPv6.
  - Il est basé sur IPv4 **RIP** version 2 (RIPv2).
- Il est similaire à RIPv2 car :
  - La **limite de saut** est toujours de **15**.
  - La **distance administrative** est toujours de **120**.
  - Il utilise toujours l'horizon partagé et l'inversion de poison pour éviter les **boucles** de routage.
- Contrairement à RIPv2, RIPng est :
  - Utilisé pour transporter les **réseaux** et les **préfixes IPv6**.
    - Il utilise un préfixe IPv6 et une adresse IPv6 de saut suivant.
  - Utilise le port **UDP 520** (au lieu du port UDP 521).
  - Utilise le groupe multicast **FF02::9** (au lieu de 224.0.0.9).

# Activer RIPng dans une Interface

- Activer IPv6 RIP processus sur une interface.

```
Router(config-if)#
```

```
ipv6 rip name enable
```

- Le paramètre **name** est le nom du processus de routage **RIPng**.
- Si le processus de routage **RIPng** n'existe pas déjà, la commande le créera.

```
R1(config)# int fa0/0
R1(config-if)# ipv6 rip ?
WORD User selected string identifying this RIP process

R1(config-if)# ipv6 rip RIP ?
default-information Configure handling of default route
enable Enable/disable RIP routing
metric-offset Adjust default metric increment
summary-address Configure address summarization

R1(config-if)# ipv6 rip RIP enable
R1(config-if)#
```



# Activer RIPng

- Configurer IPv6 RIP routing process.

Router(config)#

```
ipv6 router rip name
```

- Le paramètre **name** est le nom de processus du routage Rip.
- Command enters router configuration mode.

```
R1(config)# ipv6 router rip RIP
```

```
R1(config-rtr)#?
```

default	Set a command to its defaults
distance	Administrative distance
distribute-list	Filter networks in routing updates
exit	Exit from IPv6 routing protocol configuration mode
maximum-paths	Forward packets over multiple paths
no	Negate a command or set its defaults
poison-reverse	Poison reverse updates
port	Port and multicast address
redistribute	Redistribute IPv6 prefixes from another routing protocol
split-horizon	Split horizon updates
timers	Adjust routing timers

```
R1(config-rtr)#
```

# Disactiver Split Horizon

- Disable the split horizon route loop prevention feature.

```
Router(config-rtr) #
```

```
no split-horizon
```

- Use the **split-horizon** router configuration command to re-enable the feature.

```
R1(config)# ipv6 router rip RIP
```

```
R1(config-rtr)# no ?
```

```
distance      Administrative distance
distribute-list  Filter networks in routing updates
maximum-paths  Forward packets over multiple paths
poison-reverse  Poison reverse updates
port           Port and multicast address
redistribute   Redistribute IPv6 prefixes from another routing protocol
split-horizon  Split horizon updates
timers         Adjust routing timers
```

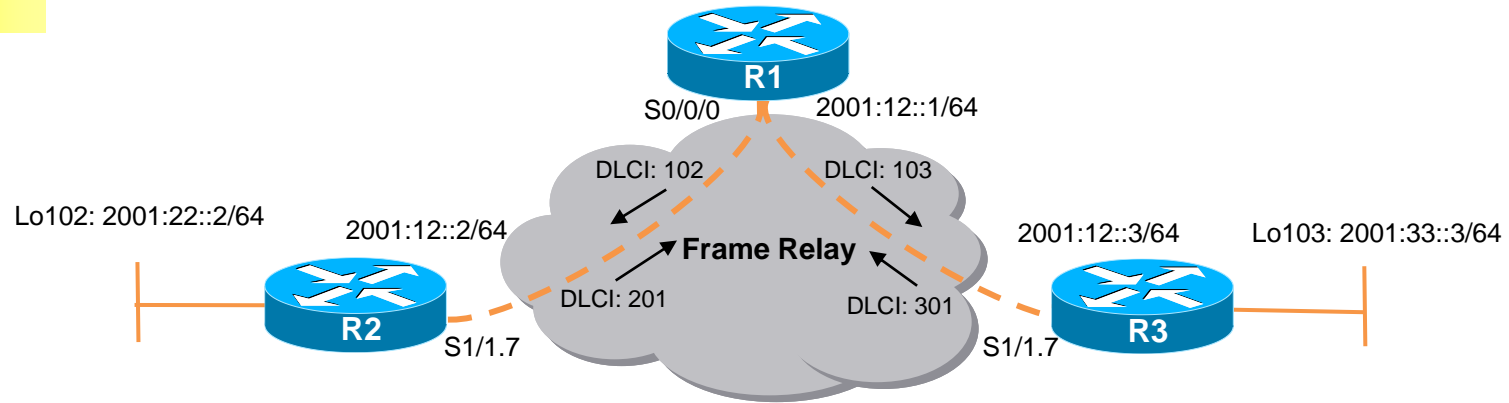
```
R1(config-rtr)# no split-horizon
```

```
R1(config-rtr)#
```

# Verification et Dépannage: RIPng

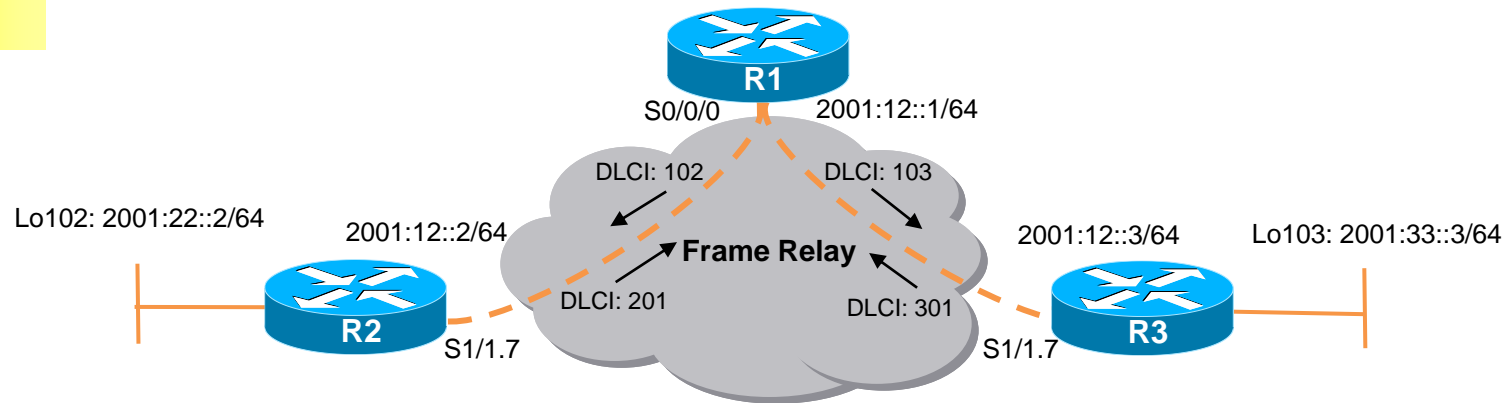
Command	Description
<code>show ipv6 protocols</code> <code>[summary]</code>	<p>Displays the parameters and current state of the active IPv6 routing protocol processes.</p> <p>The <b>summary</b> keyword specifies that only the configured routing protocol process names are displayed.</p>
<code>debug ipv6 rip</code> <code>[interface-type</code> <code>interface-number]</code>	<p>Displays IPv6 RIPng routing transaction debug messages.</p> <p>The <i>interface-type interface-number</i> option can be used to display interface specific debug messages.</p>

# Exemple de Configuration RIPng



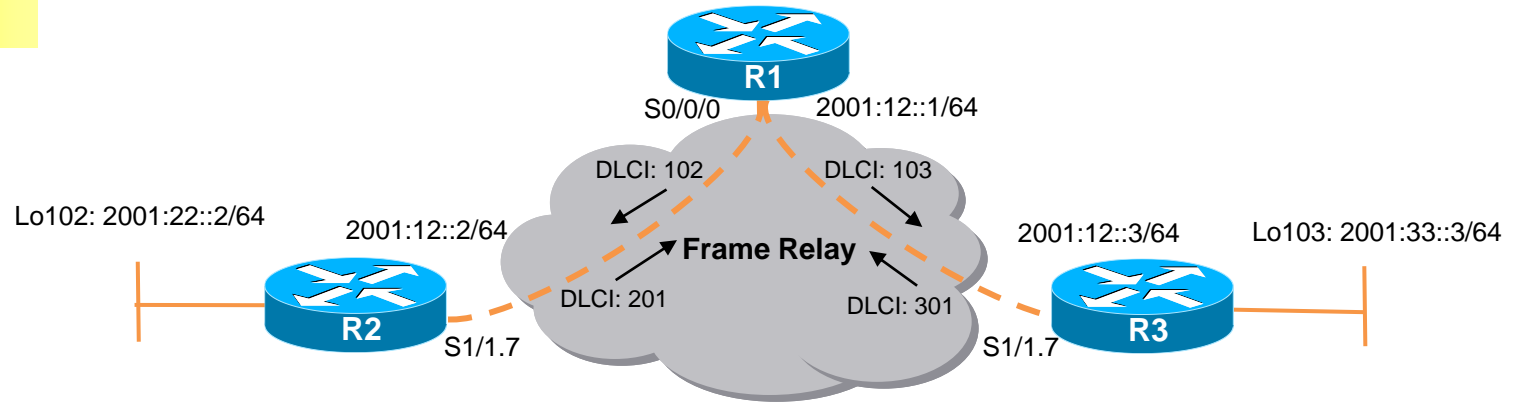
- Dans cet exemple, **R1** est le routeur de site central et **R2** et **R3** sont des routeurs de site de **succursale** configurés dans une topologie en étoile.
- Les adresses unicast **globales** affichées ont été **préconfigurées** sur les interfaces indiquées et sont **actives**.
- Les interfaces de bouclage sur **R2** et **R3** ont également été configurées en conséquence.
- Les cartes **Frame Relay** utilisant les adresses **globales** ont également été préconfigurées sur chaque routeur.

# Exemple de Configuration RIPng



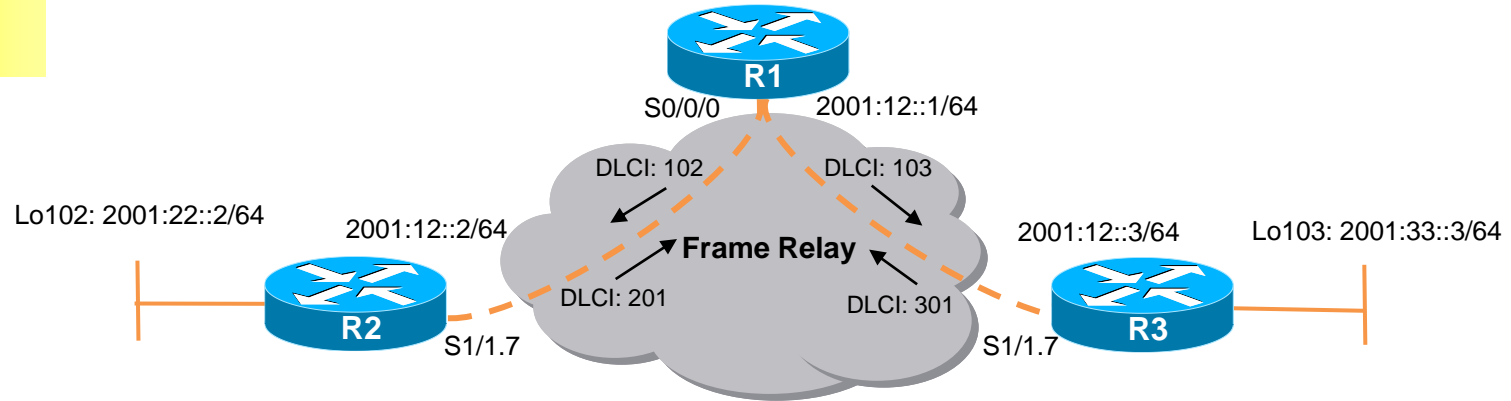
- L'étape suivante consiste à activer le routage IPv6, puis à activer les interfaces série respectives pour **RIPng**.
  - Les interfaces de bouclage de **R2** et **R3** devront également être configurées.
  - La configuration de l'interface pour **RIPng** crée automatiquement le processus **RIPng**.
- L'interface série de **R1** nécessitera également que la fonction **split horizon** soit désactivée.
  - Sinon, les annonces de **R2** ne seraient pas propagées à **R3** et les routes **R3** ne seraient pas propagées à **R2**.

# Exemple de Configuration RIPng



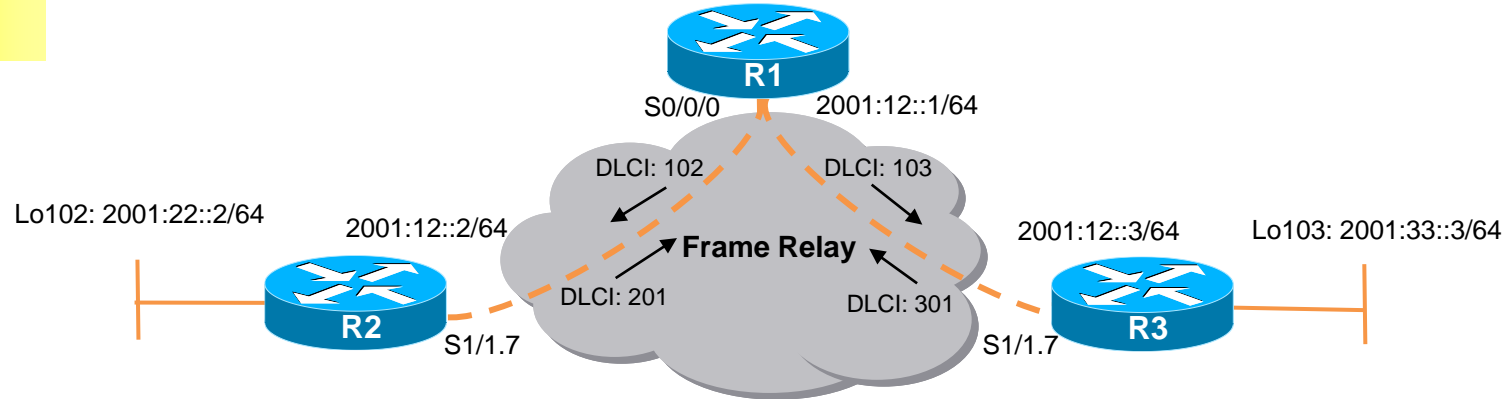
```
R1# show run interface s0/0/0
Building configuration...
Current configuration : 132 bytes
!
interface Serial0/0/0
no ip address
encapsulation frame-relay IETF
ipv6 address 2001:12::1/64
frame-relay lmi-type cisco
frame-relay map ipv6 2001:12::2 102
frame-relay map ipv6 2001:12::3 103
end
R1#
```

# Exemple de Configuration RIPng



```
R1 (config) # ipv6 unicast-routing
R1 (config) # interface s0/0/0
R1 (config-if) # ipv6 rip RIPTag enable
R1 (config-if) # exit
R1 (config) # ipv6 router rip RIPTag
R1 (config-rtr) # no split-horizon
R1 (config-rtr) #
```

# Exemple de Configuration RIPng

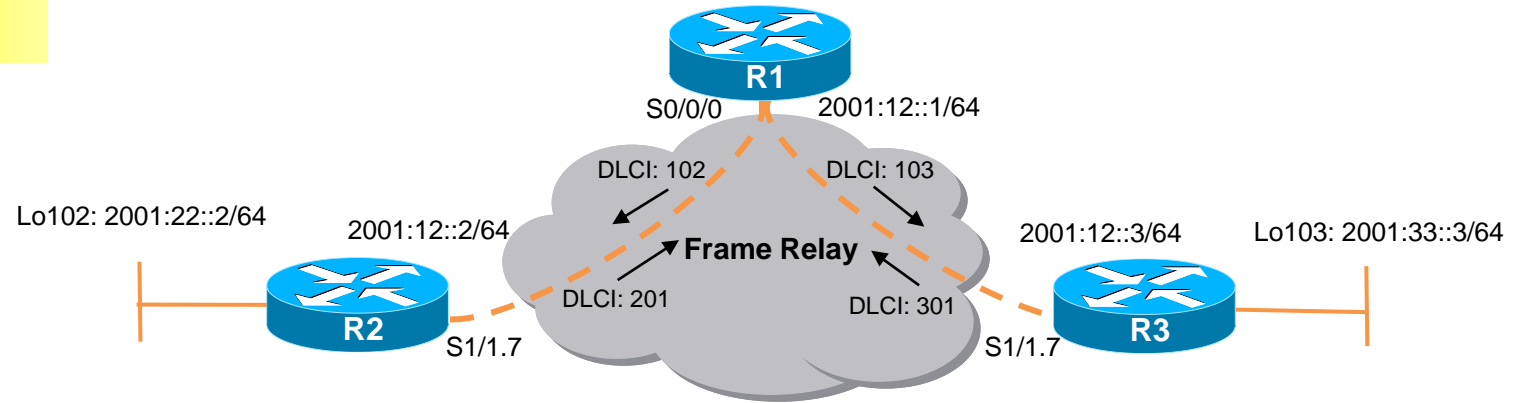


```
R2(config)# ipv6 unicast-routing
R2(config)# interface s1/1.7
R2(config-subif)# ipv6 rip RIPTag enable
R2(config-subif)# exit
R2(config)# interface lo102
R2(config-if)# ipv6 rip RIPTag enable
R2(config-if)#
```

```
R3(config)# ipv6 unicast-routing
R3(config)# interface s1/1.7
R3(config-subif)# ipv6 rip RIPTag enable
R3(config-subif)# exit
R3(config)# interface lo103
R3(config-if)# ipv6 rip RIPTag enable
R3(config-if)#
```



# Exemple de Configuration RIPng



```
R2# ping 2001:33::3
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 2001:33::3, timeout is 2 seconds:
!!!!!
Success rate is 100 percent (5/5) round-trip min/avg/max = 140/141/144ms
R2#
```

# OSPFv3

- L'implémentation du protocole pour IPv6 inclut ces caractéristiques :
  - Basé sur OSPF version 2 (OSPFv2), avec des améliorations
  - Distribue les préfixes IPv6
  - Fonctionne directement sur IPv6
  - Fonctionne comme des "navires dans la nuit" avec OSPFv2
- Cette implémentation ajoute ces attributs spécifiques à IPv6 :
  - adresses **128** bits
  - Adresse **link-local**
  - Plusieurs adresses et instances par interface
  - Authentification (utilise désormais **IPsec**)
  - OSPFv3 s'exécute sur un **lien** plutôt que sur un sous-réseau

# EIGRP for IPv6

- IGRP pour IPv6 est un protocole de routage à vecteur de distance.
  - La configuration et le fonctionnement sont similaires à EIGRP pour IPv4.
- Les éléments suivants sont restés les mêmes que EIGRP pour IPv4 :
  - Utilise le même numéro de protocole (88)
  - Maintient une table de topologie et utilise des requêtes si aucun successeur possible n'est disponible.
  - Utilise DUAL pour calculer les itinéraires successeurs
- Contrairement à EIGRP pour IPv4, EIGRP pour IPv6 :
  - Est utilisé pour router les préfixes IPv6.
  - Nécessite l'attribution d'un ID de routeur 32 bits.
  - Il est configuré sur une interface.
  - L'adressage **link-local** est utilisé pour établir des contiguïtés voisines.
  - Il démarre en état d'arrêt
  - Il ne résume pas automatiquement.



# Multiprotocol BGP (MP-BGP)

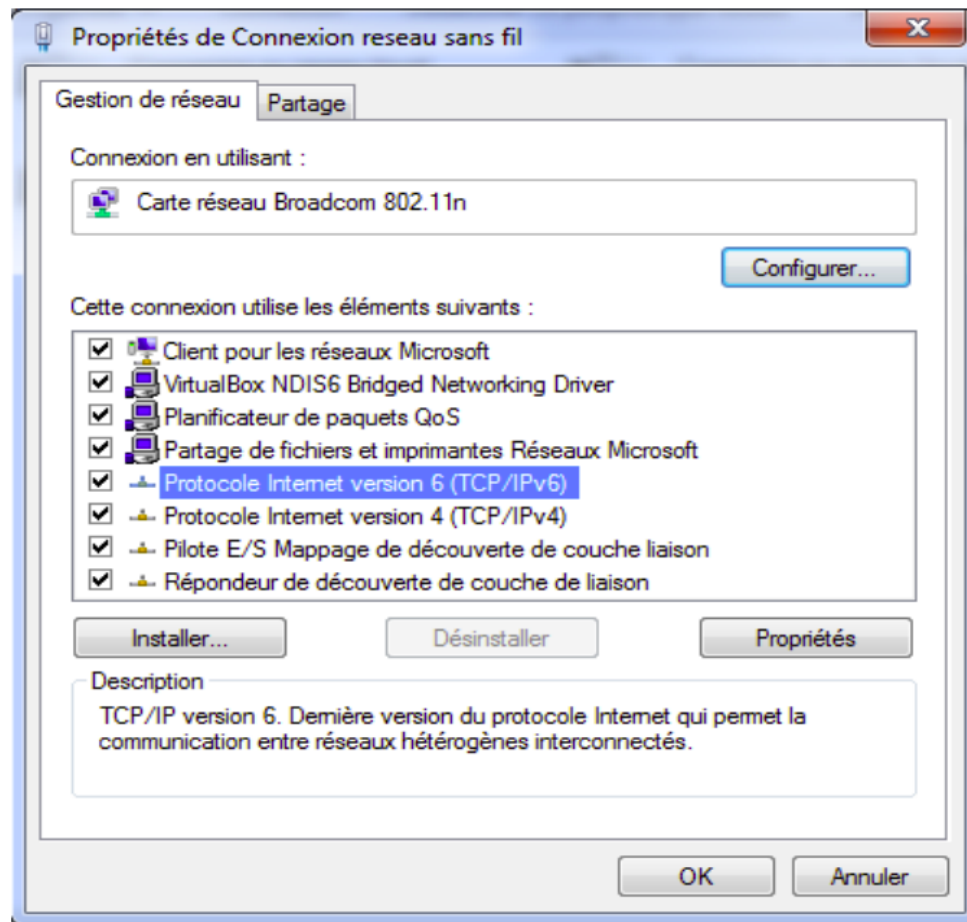
- BGP multiprotocole est utilisé pour permettre à BGP4 de transporter les informations d'autres protocoles tels que: Multiprotocol Label Switching (MPLS) et IPv6.
  - RFC 4760 définit les extensions multiprotocoles pour BGP-4.
  - RFC 2545 définit comment ces extensions sont utilisées pour IPv6.
- MBGP fonctionne avec plusieurs protocoles en identifiant deux protocoles distincts :
  - Le protocole transporteur
  - Le protocole passager

# Plan

- Introduction
- Adresse IPv6
- Types d'adresses
- En-tête IPv6
- Routage IPv6
- **Techniques de transition IPv4 – IPv6**

# Techniques de transition IPv4 – IPv6

- Le protocole **IPV6** définit un nouvel entête : Seuls les équipements de niveau **3** doivent être mise à jour.
- **TCP/IP Next-Generation** : Permettant le fonctionnement des deux protocoles **IPv4 / IPv6** au niveau de la même machine



# Techniques de transition IPv4 – IPv6

Propriétés de : Protocole Internet version 6 (TCP/IPv6)

Général

Les paramètres IPv6 peuvent être déterminés automatiquement si votre réseau le permet. Sinon, vous devez demander les paramètres IPv6 appropriés à votre administrateur réseau.

Obtenir une adresse IPv6 automatiquement

Utiliser l'adresse IPv6 suivante :

Adresse IPv6 :

Longueur du préfixe de sous-réseau :

Passerelle par défaut :

Obtenir les adresses des serveurs DNS automatiquement

Utiliser l'adresse de serveur DNS suivante :

Serveur DNS préféré :

Serveur DNS auxiliaire :

Valider les paramètres en quittant

Avancé...

OK Annuler



# Mécanismes de transition IPv4 vers IPv6

- La transition d'IPv4 à IPv6 ne nécessite pas une **mise à niveau** sur tous les nœuds en même temps.
  - IPv4 et IPv6 coexisteront pendant un certain temps.
- Un large éventail de techniques est disponible pour la **période de transition** entre IPv4 et IPv6.
- Ces techniques peuvent être regroupées en trois catégories :
  - Techniques à double pile (**Dual-stack**)
  - Techniques de **tunnelage**
  - Techniques de **translation**



# Technique double pile (Dual-stack)

- Les hôtes et les périphériques réseau exécutent IPv4 et IPv6 en **même temps**.
  - Cette technique est utile comme transition **temporaire**, mais elle ajoute une **surcharge** et utilise de **nombreuses ressources**.
- Le logiciel **Cisco IOS** est prêt pour IPv6.
  - Dès que les configurations IPv4 et IPv6 sont terminées, l'interface est à **double empilement** et transmet le trafic **IPv4** et **IPv6**.
- L'**inconvenient** du double empilement comprend :
  - Les **ressources** supplémentaires nécessaires pour conserver et traiter les tables de **routage doubles**, les tables de topologie des protocoles de routage, etc.
  - Les **frais** généraux administratifs plus **élevés**, le dépannage et la surveillance sont plus **complexes**.

# Exemple: Dual-Stack



```
R1(config)# interface fa0/0
R1(config-if)# ip address 10.10.10.1 255.255.255.0
R1(config-if)# ipv6 address 2001:12::1/64
R1(config-if)# ^Z
R1#
```

- interface FastEthernet 0/0 de R1 est **dual stacked**.
  - Elle est configurée avec des addresses: IPv4 et IPv6.
  - En plus, notez que pour chaque protocole, les adresses sur **R1** et **R2** sont sur le même réseau.

# Exemple: Dual-Stack



```
R1# show ip interface fa0/0
FastEthernet0/0 is up, line protocol is up
  Internet address is 10.10.10.1/24
  Broadcast address is 255.255.255.255
  Address determined by setup command
  MTU is 1500 bytes
  Helper address is not set
  Directed broadcast forwarding is disabled
  Outgoing access list is not set
  Inbound access list is not set
  Proxy ARP is enabled
  Local Proxy ARP is disabled
  Security level is default
  Split horizon is enabled
  ICMP redirects are always sent
  ICMP unreachable are always present

<output omitted>
```

- La sortie confirme que l'interface Fa0/0 est opérationnelle et utilise une adresse IPv4.

# Exemple: Dual-Stack



```
R1# show ipv6 interface fa0/0
FastEthernet0/0 is up, line protocol is up
  IPv6 is enabled, link-local address is FE80::219:56FF:FE2C:9F60
  Global unicast address(es):
    2001:12::1, subnet is 2001:12::/64
  Joined group address(es):
    FF02::1
    FF02::2
    FF02::1:FF00:1
    FF02::1:FF2C:9F60
  MTU is 1500 bytes
  ICMP error messages limited to one every 100 milliseconds
  ICMP redirects are enabled
  ND DAD is enabled, number of DAD attempts: 1
  ND reachable time is 30000 milliseconds

<output omitted>
```

- La sortie confirme que l'interface Fa0/0 est opérationnelle et utilise une adresse IPv6.

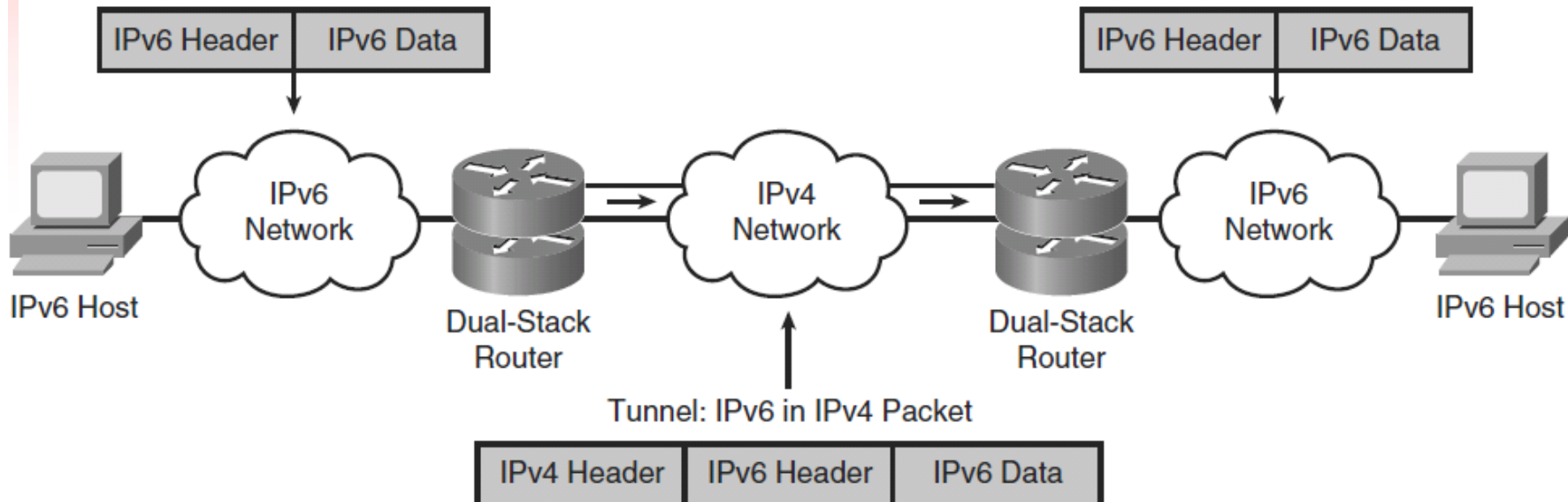


# Techniques de tunnels

- Les réseaux IPv6 **isolés** sont connectés sur une infrastructure IPv4 à l'aide de **tunnels**.
- Les périphériques sont les seuls à devoir être doublement empilés.
- La **scalabilité** peut être un problème si de nombreux **tunnels** doivent être créés.
  - Les tunnels peuvent être configurés *manuellement* ou **automatiquement**, en fonction de l'échelle requise et des **frais administratifs** tolérés.

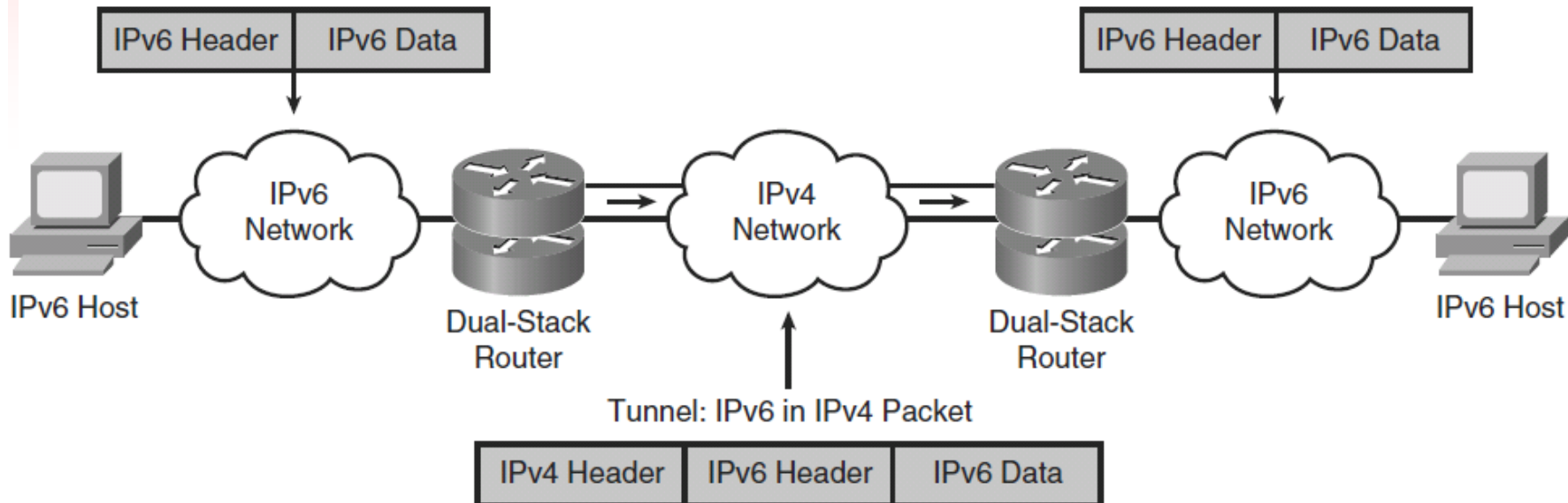
# Techniques de tunnels

- Pour IPv6, le tunneling est une méthode d'intégration dans laquelle un **paquet** IPv6 est **encapsulé** dans IPv4.
- Cela permet la connexion d'îlots IPv6 sans qu'il soit nécessaire de **convertir** le réseau **intermédiaire** en IPv6.



# Techniques de tunnels

- Dans l'exemple, le tunnel entre les sites utilise:
  - IPv4 comme protocole de **transport** (le protocole sur lequel le tunnel est créé).
  - IPv6 est le protocole **passager** (le protocole **encapsulé** dans le tunnel et transporté à travers le tunnel).
  - GRE est utilisé pour créer le tunnel et est connu sous le nom de protocole de tunnellation.





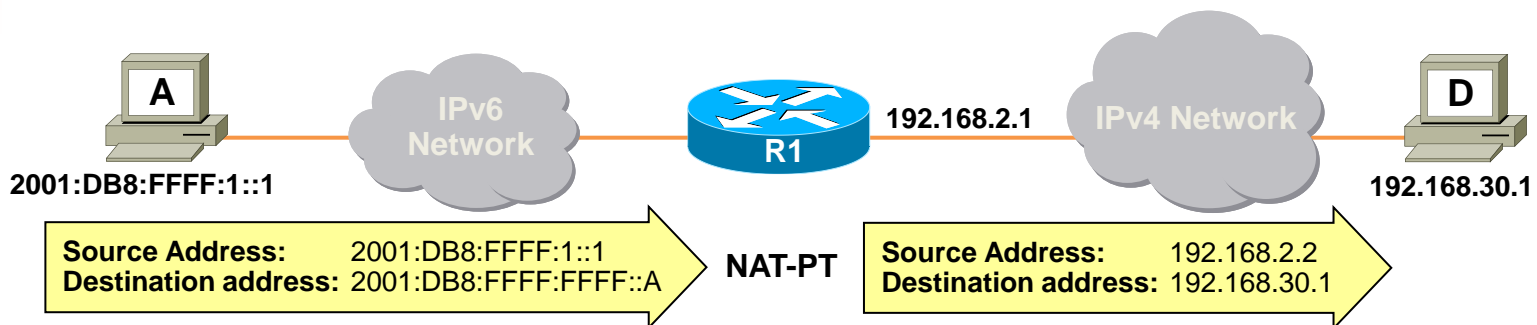
# Techniques de Translation

- Les techniques de double pile et de tunneling gèrent l'**interconnexion** des domaines IPv6.
- **NAT-PT** est une extension des techniques **NAT** et fournit des services de traduction de protocole pour les équipements hérités qui ne peuvent pas être **mis à niveau** vers IPv6 et pour certains scénarios de déploiement.
- Un routeur convertit les paquets **IPv6** en paquets **IPv4** et vice versa, permettant aux appareils IPv6 uniquement de communiquer avec des appareils IPv4 uniquement.
  - La **scalabilité** peut à nouveau être un problème en raison des ressources requises sur le dispositif de traduction.



# Exemple: NAT-PT

- Le nœud **A** est un nœud IPv6 uniquement et souhaite envoyer un **datagramme** IPv6 au nœud **D** et transmet donc le paquet au routeur **NAT-PT**.
- Le routeur **NAT-PT** gère un **pool** d'adresses IPv4 globalement routables qui sont attribuées dynamiquement aux nœuds IPv6 au démarrage des sessions.
- Un avantage de **NAT-PT** est qu'aucune modification n'est requis sur les hôtes.



# **Tunneling IPv6 Traffic**



# Types de Tunnels

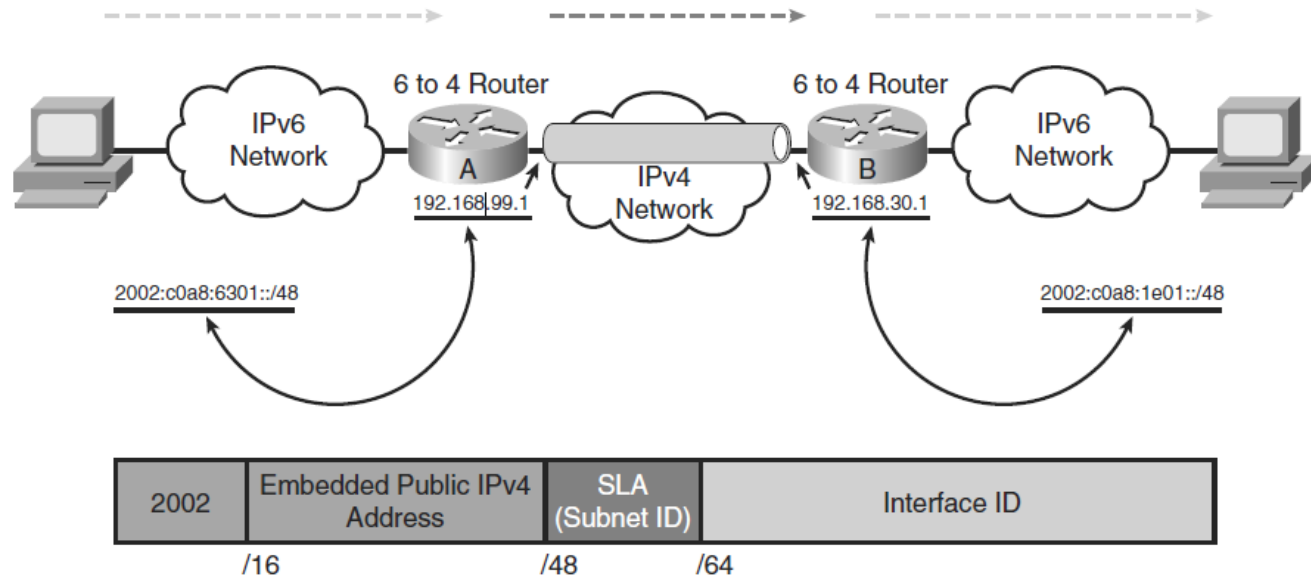
- Les tunnels peut etre créés manuellement :
  - Manual IPv6 tunnels
  - GRE IPv6 tunnels
- Les tunnels peuvent également être créés automatiquement à l'aide de :
  - IPv4-Compatible IPv6 Tunnels (now deprecated)
  - 6to4 tunnels
  - ISATAP Tunnels



# Tunnels 6to4

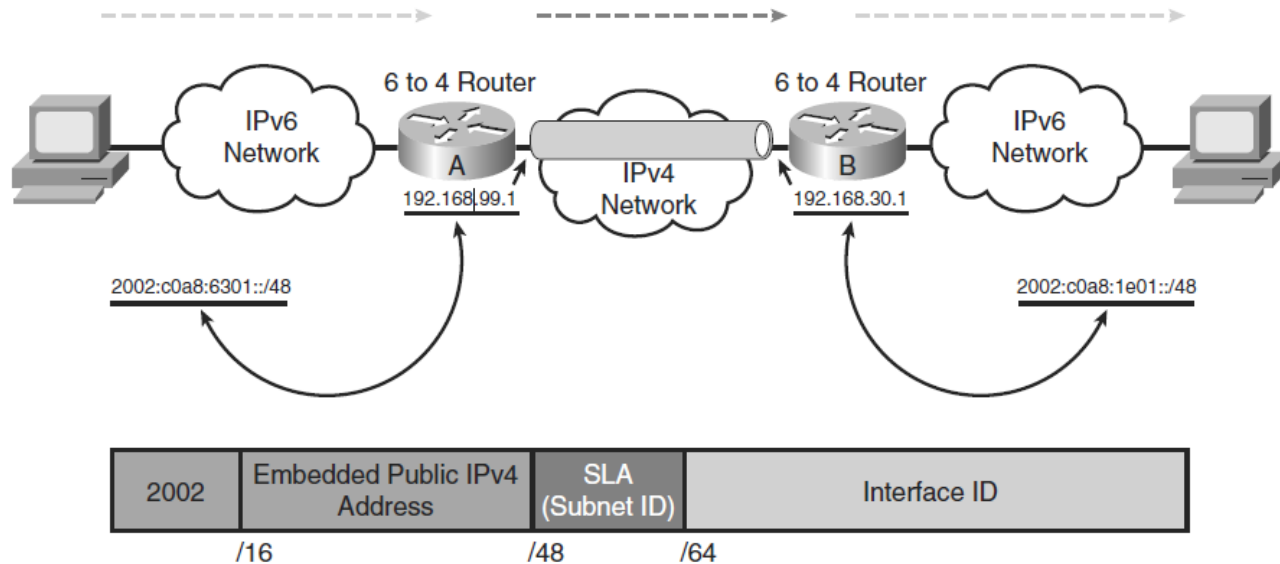
- Les tunnels 6to4 sont une méthode de tunnellation **automatique**.
- Les tunnels **6to4** sont **point à multipoint**, plutôt que les tunnels point à point.
- Les tunnels **6to4** sont construits **automatiquement** par les routeurs, sur la base de l'adresse IPv4 intégrée dans les adresses IPv6 des interfaces de tunnel sur les routeurs.
- Les tunnels **6to4** permettent le déploiement rapide d'IPv6 dans un réseau d'entreprise sans avoir besoin d'adresses IPv6 **publiques** auprès des **FAI** ou des registres.

# Exemple 1: Tunnel 6to4



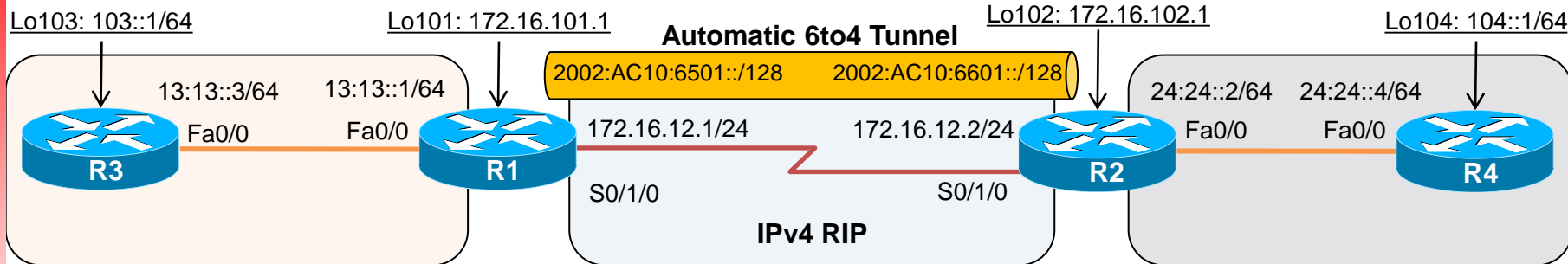
- Lorsque le routeur **A** reçoit un paquet IPv6 avec une adresse de destination dans la plage de **2002 ::/16** (the address **2002:c0a8:1e01::/48** in the example), il détermine que le paquet doit traverser le tunnel.
  - Le routeur extrait l'adresse IPv4 intégrée dans les **troisième à sixième** octets, inclusivement, dans l'adresse IPv6 du **saut suivant**.
  - Dans l'exemple, ces octets sont **c0a8:1e01** qui est donc **192.168.30.1**.
  - C'est l'adresse ipv4 de routeur **6to4** dans le site de destination, Router **B**.

# Exemple 1: Tunnel 6to4



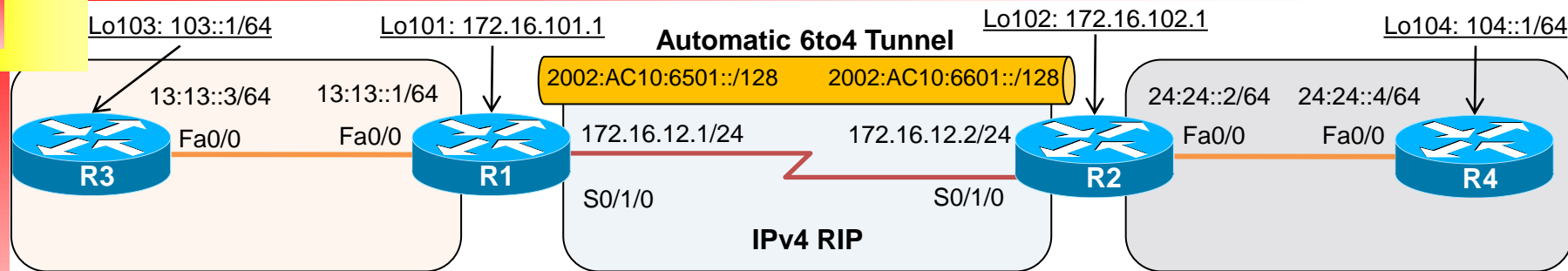
- Le routeur **A** *encapsule* le paquet IPv6 dans un paquet IPv4 avec l'adresse IPv4 extraite du routeur **B** comme adresse de destination.
- Le paquet **pass**e par le réseau IPv4.
- Le routeur **B**, *décapsule* le paquet IPv6 du paquet IPv4 reçu et **transmet** le paquet IPv6 à sa destination finale.

# Exemple 2: Tunnel 6to4



- Dans cet exemple, il y a **deux** réseaux IPv6 **séparés** par un réseau IPv4.
- L'objectif de cet exemple est de fournir à nouveau une connectivité complète entre les îlots IPv6 sur **l'infrastructure** IPv4 uniquement.
- La première étape consiste à configurer les routeurs **R1** et **R2** afin qu'ils puissent établir le tunnel **6to4** entre eux.

# Exemple 2: Tunnel 6to4

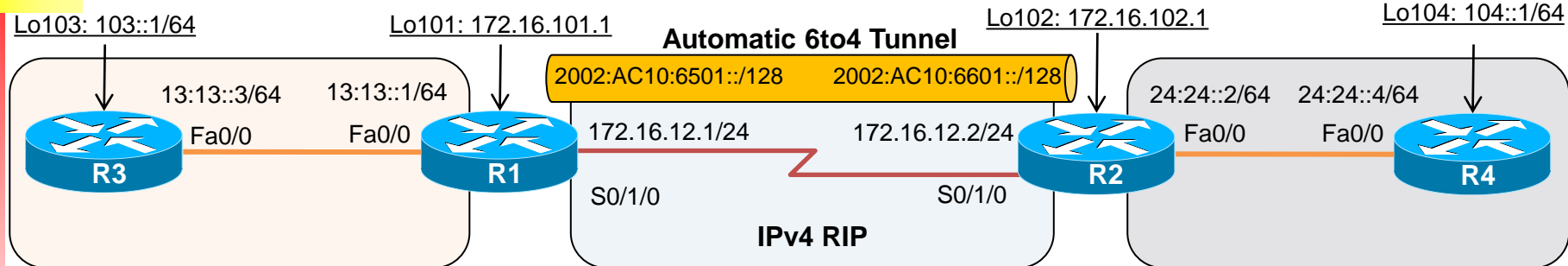


```
R1(config)# interface tunnel 12
R1(config-if)#
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Tunnel12, changed state to down
R1(config-if)# no ip address
R1(config-if)# ipv6 address 2002:AC10:6501::/128
R1(config-if)# tunnel source loopback 101
R1(config-if)# tunnel mode ipv6ip 6to4
R1(config-if)#
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Tunnel12, changed state to up
R1(config-if)# exit
R1(config)# ipv6 route 2002::/16 tunnel 12
R1(config)# ipv6 route 24::/64 2002:AC10:6601::
R1(config)#
```

- R1 is configured with the 6to4 tunnel.
  - Notice that the configuration is similar to the manual and GRE tunnel configurations except that the tunnel destination is not specified.



# Exemple 2: Tunnel 6to4



```
R2(config)# interface tunnel 12
R2(config-if)#
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Tunnell2, changed state to down
R2(config-if)# no ip address
R2(config-if)# ipv6 address 2002:AC10:6601::/128
R2(config-if)# tunnel source loopback 102
R2(config-if)# tunnel mode ipv6ip 6to4
R2(config-if)#
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Tunnell2, changed state to up
R2(config-if)# exit
R2(config)# ipv6 route 2002::/16 tunnel 12
R2(config)# ipv6 route 24::/64 2002:AC10:6501::
R2(config)#
```

- R2 is configured with the 6to4 tunnel.

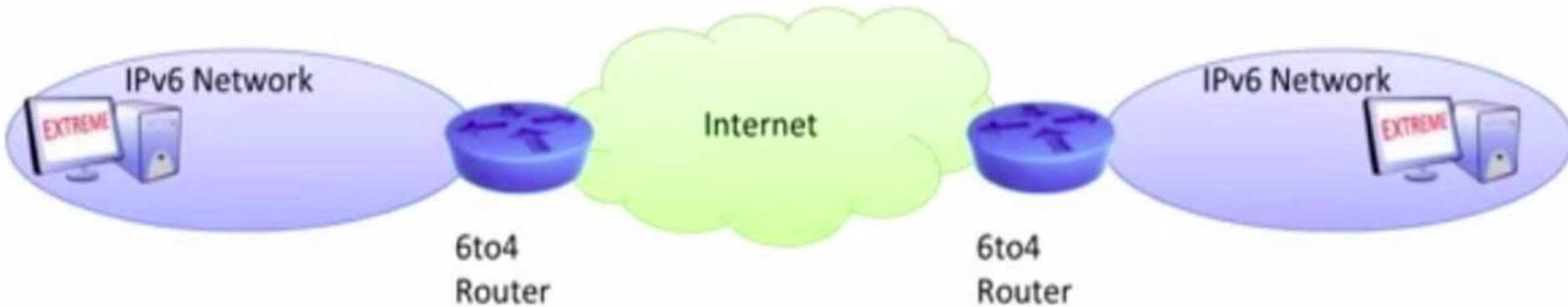
# Bibliographie

- Cours de Dr. Madjed Bencheikh-Lehocine, Centre universitaire Abdelhafid Boussouf-Mila, Algérie.
- Harold Ritter & Gary Bolivar, Introduction Pratique à IPv6 Compréhension de l'Adressage, October 2019
- Cisco Networking Academy Program, CCNP ROUTE: Implementing IP Routing

# Annexe

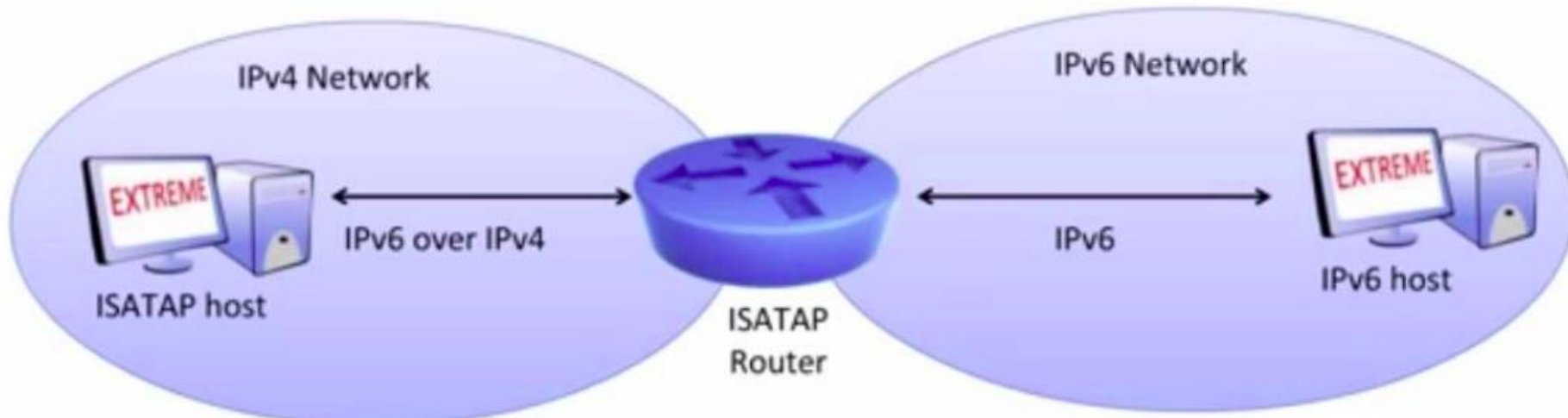
# Technique 6to4

- Permet aux réseaux **IPv4** de transporter le trafic **IPv6**.
- 2002:WW.XX.YY.ZZ:SubnetID:InterfaceID



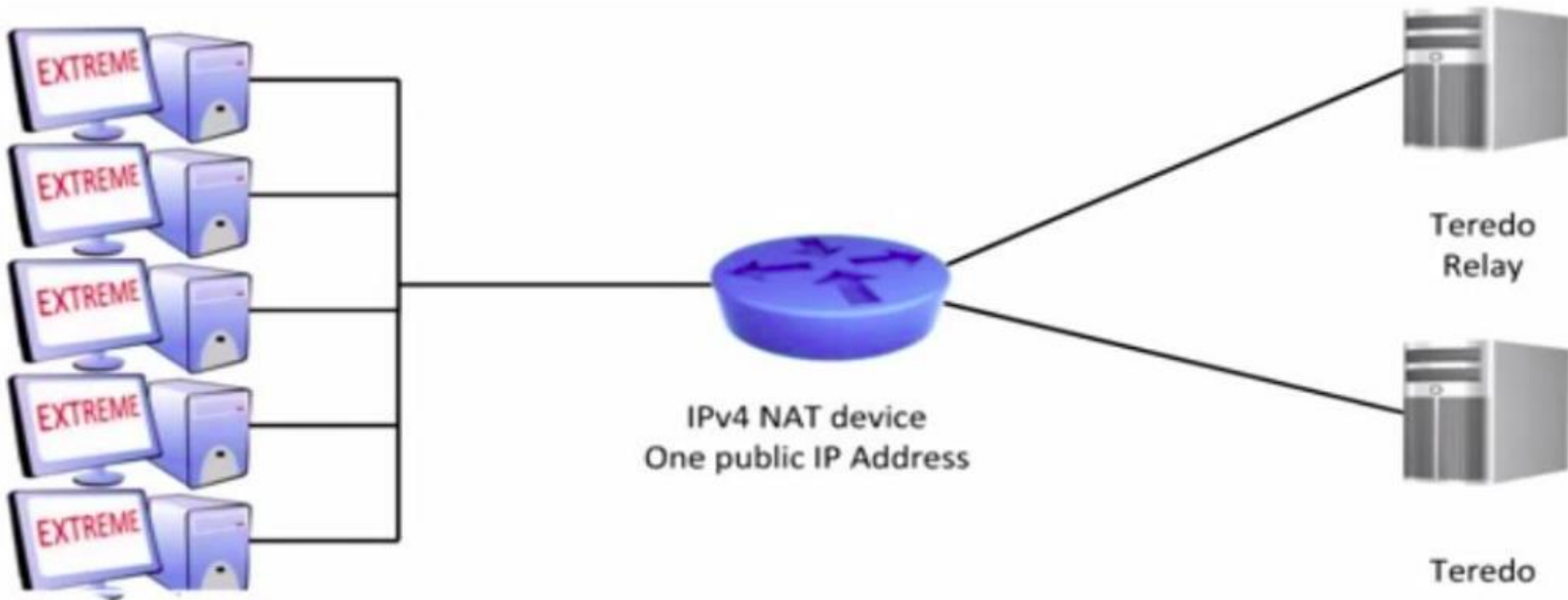
# Technique ISATAP

- Intra Site Automatic Tunnel Addressing Protocol.
- Utilisé uniquement dans les réseaux **privés**.
- Utilise l'adresse **Link-local** : FE80::5EFE:WW.XX:YY.ZZ
- Ou : WW.XX.YY.ZZ est l'adresse **IPv4** du hôte **ISATAP** Ex : supposez que l'adresse **IPv4** est : **10.0.30.120**  
-> L'adresse **Link-Local** utilisée sera : FE80::5EFE:0A00:1E78

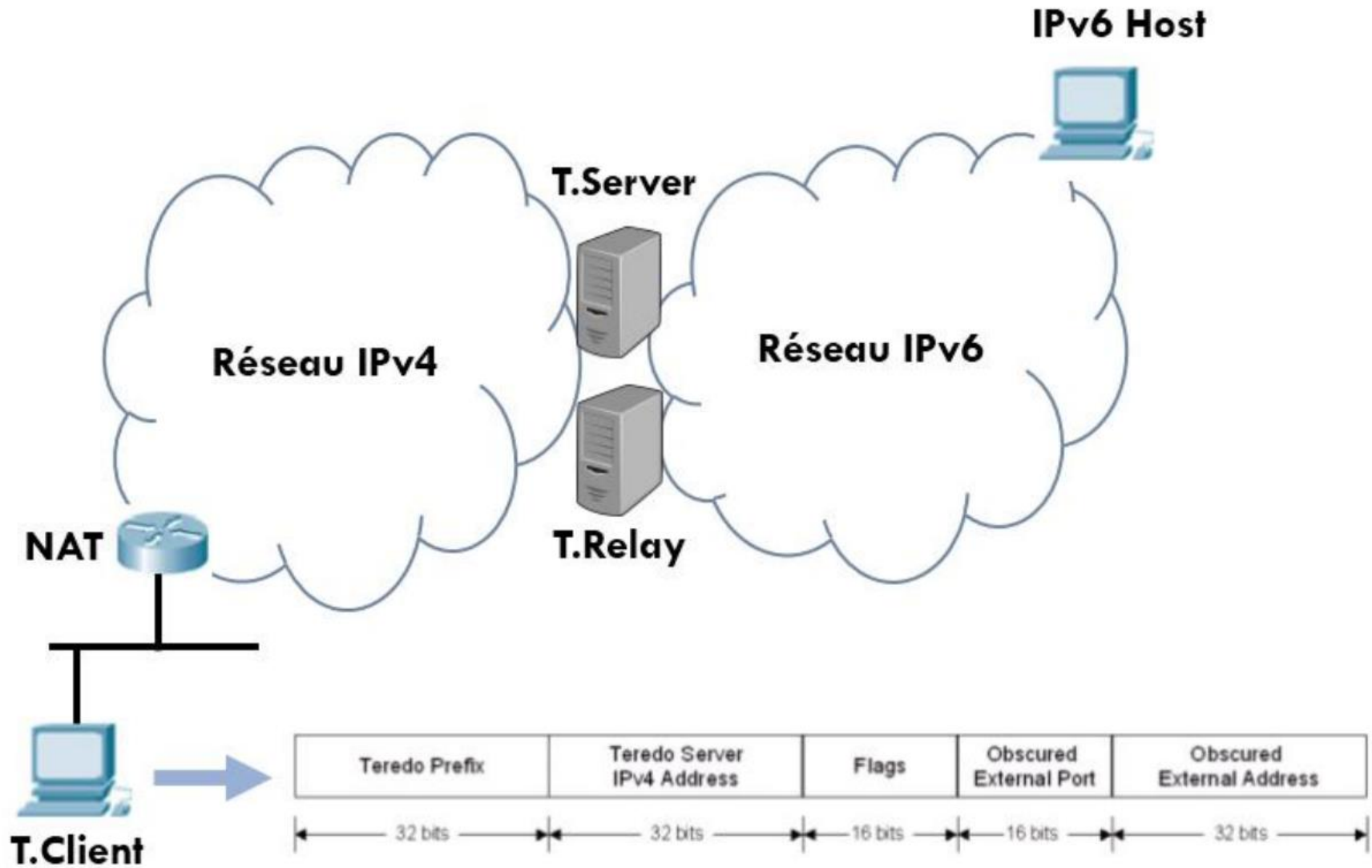


# Technique TEREDO

- Utilisé pour supporter le service NAT



# Technique TEREDO



# Différentes adresse IPv6

- Les adresses **globales** : débute par **2000::/3**
- Les adresses **Multicast** : débute par **FF00::/8**
- Les adresses **privées** : **Link-local & Site-local**
- Adresse de **bouclage** ( **::1** )
- Adresse non spécifiée ( **::** )
- Une interface peut se voir attribuer plusieurs **@ IPv6** de tout type.
- Particularité pour l'écriture des **URL**:
  - étant donné que le caractère ":" est utilisé pour séparer les groupes, il apporte la confusion dans une url car il y désigne alors la séparation adresse **IP:Port**
  - il faut donc écrire l'adresse **IPv6** entre crochets [ ] pour différencier l'adresse du port, par exemple :  
`http://[2002:400:2A41:378::34A2:36]:8080.`



# En-tête IPv6

- Le champ **Version** est toujours égal à **4 bits** pour IPv6.
- Pendant la période de **transition de IPv4 vers IPv6**, les routeurs devront examiner ce champ pour savoir quel **type de datagramme** ils routent.
- Le champ **Classe de trafic** (codé sur **8 bits**) est utilisé pour distinguer les **sources** qui doivent bénéficier du **contrôle de flux** des autres.
  - Priorités de **0 à 7** pour les sources qui **ralentissent** le débit
  - Les valeurs **8 à 15** pour le trafic **temps réel** (les données audio et vidéo en font partie) dont le débit est **constant**.
  - Cette distinction des flux permet aux routeurs de réagir à la congestion.

# En-tête IPv6

- Le champ **Identificateur de flux** contient un **numéro unique** choisi par la source qui a pour but de faciliter le travail des routeurs et de permettre la mise en œuvre des fonctions de **qualité de services** comme RSVP (Resource reSerVation setup Protocol).
- Le champ **Longueur des données** utiles (en anglais payload) sur **deux octets**, ne contient que la taille des données utiles, sans prendre en compte la **longueur de l'en-tête**
- Le champ **En-tête suivant** a une fonction similaire au champ **protocole** du paquet IPv4 : Il identifie tout simplement le prochain **en-tête** (dans le même datagramme IPv6). Il peut s'agir d'un protocole (de **niveau supérieur** ICMP, UDP, TCP,...)

# En-tête IPv6

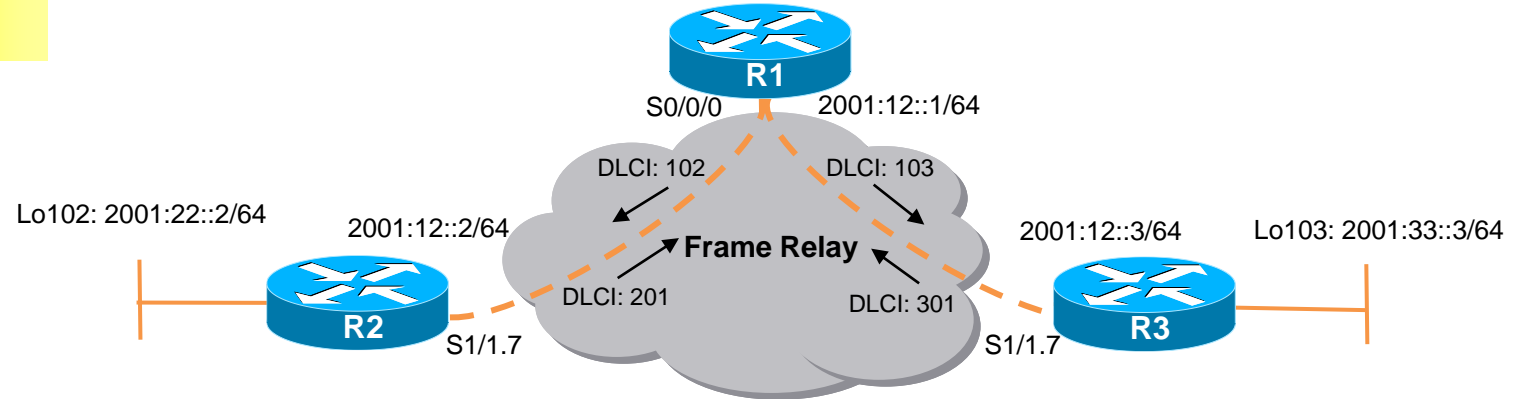
- Le champ **Nombre de sauts** remplace le champ "**TTL**" (Time-to-Live) en IPv4. Sa valeur (sur **8** bits) est *décrémentée* à chaque noeud traversé.
- Si cette valeur atteint **0** alors que le paquet IPv6 traverse un routeur, il sera **rejeté** avec l'émission d'un message **ICMPv6** d'erreur. Il est utilisé pour empêcher les datagrammes de circuler **infiniment**.
- Les champs **Adresse source** et **Adresse de destination** : (16 octets), **les premiers bits** de l'adresse - le **préfixe** - définissent le type de l'adresse.

## En-tête IPv4 vs En-tête IPv6 (1)

- la taille de l'**en-tête** est fixe, le champ **IHL** est donc inutile.
- il n'y a pas de **somme de contrôle** sur l'en-tête. En IPv4, cette somme de contrôle inclut le champ **TTL** et oblige les routeurs à le recalculer dans la mesure où le **TTL** est décrémenté.
- les informations relatives à la fragmentation sont repoussées dans un en-tête qui suit.
- le champ **TTL** est renommé en **Hop Limit**, reflétant la pratique

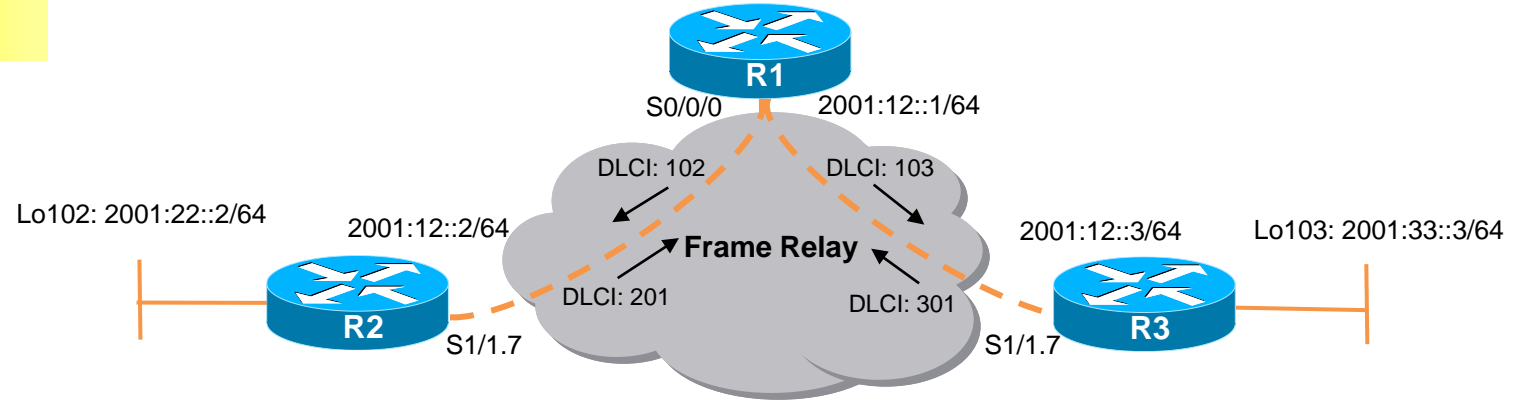
# Annexe 2 : configuration du protocole Frame Relay

# Exemple de Configuration RIPng



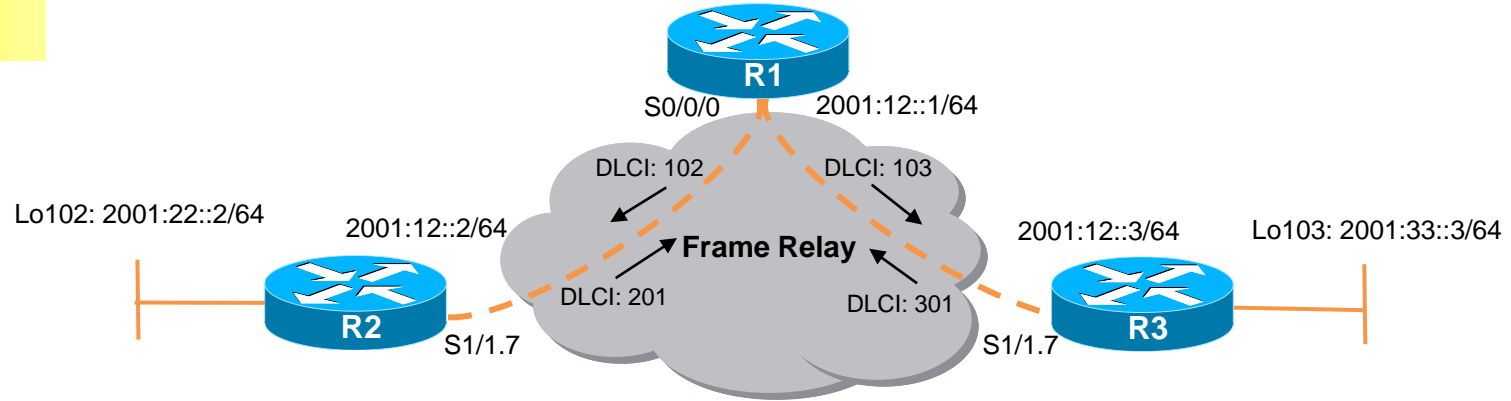
```
R2# show run interface s1/1.7
Building configuration...
Current configuration : 80 bytes
!
interface Serial1/1.7 multipoint
ipv6 address 2001:12::2/64
frame-relay map ipv6 2001:12::1 201
cdp enable
end
R2#
```

# Exemple de Configuration RIPng



```
R3# show run interface s1/1.7
Building configuration...
Current configuration : 80 bytes
!
interface Serial1/1.7 multipoint
ipv6 address 2001:12::3/64
frame-relay map ipv6 2001:12::1 301
cdp enable
end
R3#
```

# Exemple de Configuration RIPng



```
R1# ping 2001:12::2
```

```
Type escape sequence to abort.
```

```
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 2001:12::2, timeout is 2 seconds:
```

```
!!!!!
```

```
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 56/57/60 ms
```

```
R1#
```

```
R1# ping 2001:12::3
```

```
Type escape sequence to abort.
```

```
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 2001:12::3, timeout is 2 seconds:
```

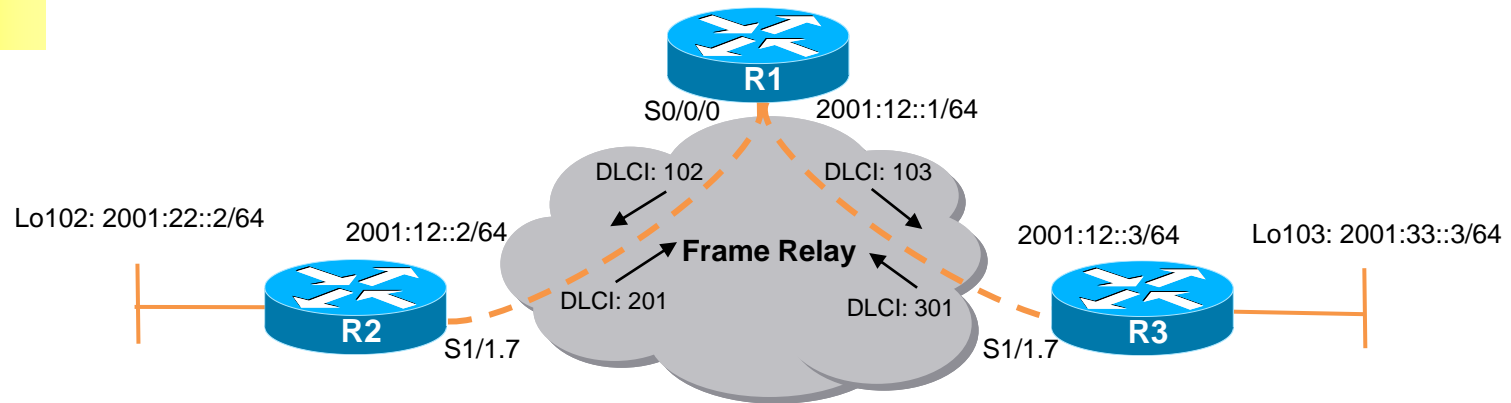
```
!!!!!
```

```
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 56/57/60 ms
```

```
R1#
```

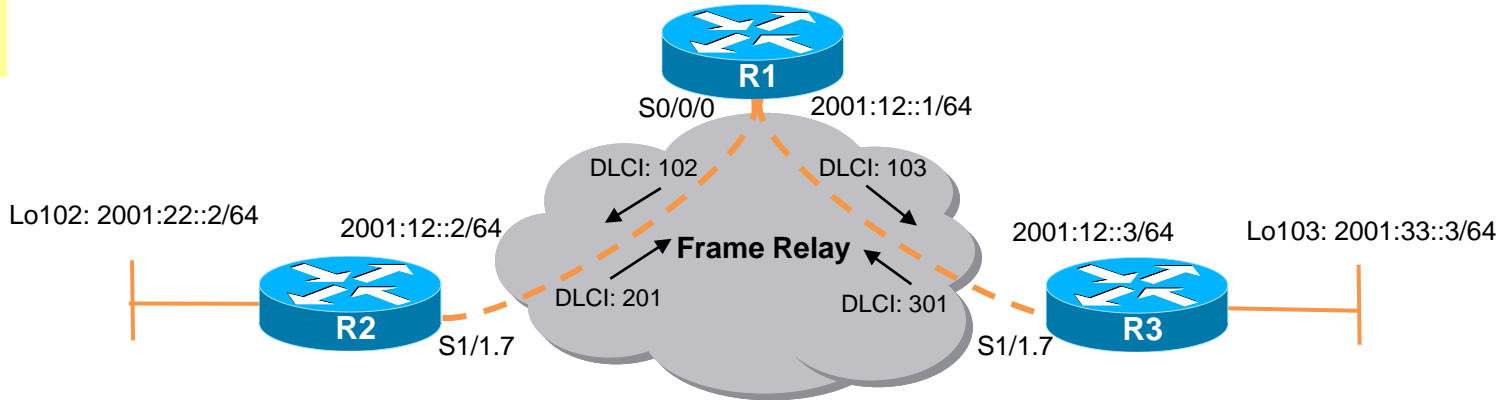


# Exemple de Configuration RIPng



- Bien que la connectivité ait été établie d'un site à l'autre, il n'y a pas de connectivité pour les réseaux locaux, par conséquent **RIPng** sera configuré.
- **RIPng**, comme tous les protocoles de routage IPv6, nécessite des adresses **Link-local**.
  - Les **IGP** n'utilisent pas d'adresses unicast globales.
  - Par conséquent, les mappages **Frame Relay** vers les adresses **link-local** doivent être configurés sur les trois routeurs.
  - Notez que le mot-clé **broadcast** doit également être configuré.

# Exemple de Configuration RIPng



```
R1(config)# interface s0/0/0
R1(config-if)# frame-relay map ipv6 FE80::250:73FF:FE3D:6A20 103 broadcast
R1(config-if)# frame-relay map ipv6 FE80::2B0:64FF:FE33:FB60 102 broadcast
R1(config-if)#
```

```
R2(config)# interface s1/1.7
R2(config-subif)# frame-relay map ipv6 FE80::219:56FF:FE2C:9F60 201 broadcast
R2(config-subif)#
```

```
R3(config)# interface s1/1.7
R3(config-subif)# frame-relay map ipv6 FE80::219:56FF:FE2C:9F60 301 broadcast
R3(config-subif)#
```