

# Validation des mécanismes IPv6

Samir Loudni  
Maître de conférences  
IUT Caen  
Département R&T

1

## Sommaire

- Rappels sur IPv6
  - L'en-tête IPv6
  - Les différents types d'adresses
- Présentation de la maquette
- Validation des mécanismes IPv6
  - Auto-configuration
  - Encapsulation - tunneling
  - Traduction - NAT-PT
- Conclusion

2

## Limites d'IPv4

- Plusieurs problèmes :
  - Épuisement des adresses de classe B
  - Augmentation du nombre de réseaux
  - Tables de routage trop volumineuses
- Solutions :
  - Agrégation de réseaux contigus en un seul préfixe (CIDR)
  - Traduction d'adresses NAT

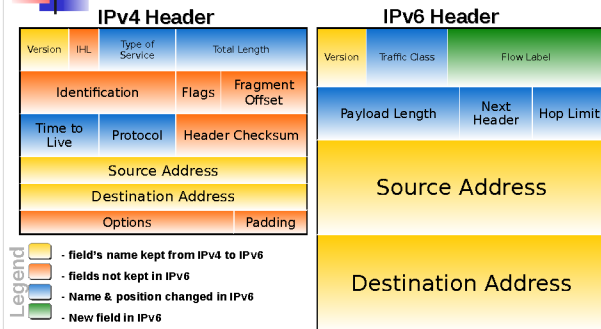
3

## IPv6 - Les grands changements

- Des adresses sur 16 octets
- Un en-tête de taille fixe (40 octets)
- Plus de champs *checksum* dans l'en-tête
- Plus d'options dans l'en-tête IP mais des extensions situées après l'en-tête
- Alignement des champs sur 64 bits
- MTU de taille minimum 1280 octets
- Pas de broadcast -> Multicast

4

## En-têtes IPv4 & IPv6 - Comparaison



## Descriptif des champs (1/3)

- Version (4 bits)
  - Valeur à 6
- Classe de trafic (8 bits)
  - Utilisé pour marquer des paquets selon les types de flux (voix, vidéo, data...)
- Identificateur de flux (20 bits)
  - Identifie aussi le type de flux

6

## Descriptif des champs (2/3)

- Longueur des données (16 bits)
  - Taille du champ des données sans l'en-tête
- En-tête suivant (8 bits)
  - Indique le prochain en-tête
- Nombre de sauts (8 bits)
  - Ce champ est rempli par la source (valeur 64)
  - Il remplace le champ TTL (IPv4)

7

## Descriptif des champs (3/3)

- Adresse source (128 bits)
- Adresse destination (128 bits)
- Extensions (n bits)
  - Prolongement de l'encapsulation d'IP dans IP
- Données (n bits)
  - Données transportées

8

## Notation des adresses IPv6

- Notation en hexadécimal et en 8 mots de 16 bits séparés par le caractère ":"  
2031:0000:130F:0000:0000:09C0:876A:130B
- Les 0 les plus à gauche des mots de 16 bits sont supprimés  
2031:0:130F:0:0:9C0:876A:130B
- Les mots tout à 0 peuvent être omis  
2031:0:130F::9C0:876A:130B  
2031:0:130F::9C0:876A:130B
- Adresse IPv4-compatible  
0:0:0:0:0:0:192.168.30.1 = ::192.168.30.1 =  
::COA8:1E01

9

## Format des adresses IPv6 (1/3)

- 3 types d'adresses :
  - Unicast : Désigne une interface unique
    - adresse à usage local (Lien local, Site local)
    - adresse globale (Agrégée, Compatible, etc.)
  - Anycast : Désigne un seul membre du groupe
  - Multicast : Désigne un groupe d'interfaces

10

## Format des adresses IPv6 (2/3)

- Une adresse IPv6 combine:
  - Un préfixe identifiant le réseau
  - Une partie locale identifiant l'interface
- L'identifiant sur 64 bits pour l'interface:
  - Construit à partir de l'adresse MAC de l'interface
- Adresse IPv6 / longueur du préfixe en bits  
3EDC:BA98:7654:3210:0000:0000:0000:0000/64  
3EDC:BA98:7654:3210:0:0:0:0/64  
3EDC:BA98:7654:3210::/64

11

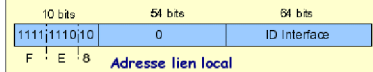
## Format des adresses IPv6 (3/3)

- Format du Préfixe:
  - PF = 0000 0000 : Réservé
  - PF = 001 : Aggregatable Global Unicast Address
  - PF = 1111 1110 10 : Adresses Lien Locale (FE80::/10)
  - PF = 1111 1110 11 : Adresses Site Local (FEC)::/10)
  - PF = 1111 1111 : Adresses Multicast (FF00::/8)

12

## Adresse de Lien local

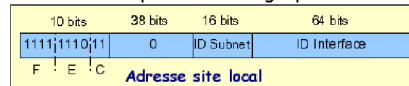
- Valable uniquement sur le lien local
  - Le préfixe est fe80::/64
  - Automatiquement configurée sur une interface
- Utilisée par le protocole **neighbor discovery** et l'auto-configuration sans état



13

## Adresse de Site local

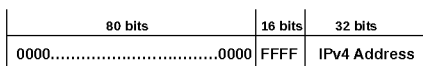
- Adresse dont la validité est restreinte à un site:
  - Le préfixe est fec0::/48
  - Adresse non routée sur Internet
  - Similaire au concept d'adressage privé en IPv4



14

## Adresse IPv4 mappée

- Permet à une machine IPv6 de communiquer avec une machine IPv4 en IPv4
  - : FFFF:147.30.20.10
- Utile pour écrire des serveurs IPv6 qui peuvent aussi répondre à des requêtes IPv4

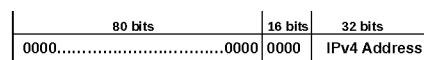


IPv4 mapped IPv6 address

15

## Adresse IPv4 compatible

- Adresse IPv6 encapsulé dans un paquet IPv4
  - ::192.168.30.1 = ::C0A8:1E01
- Permet à 2 machines IPv6 de communiquer entre elles en IPv6 à travers un tunnel IPv6/IPv4 automatique

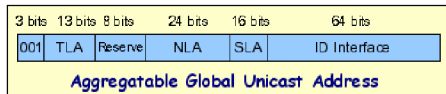


IPv6 Addresses with Embedded IPv4 Addresses

16

## Aggregatable Global Unicast Addresses

- Trois niveaux de hiérarchie :
  - Une topologie publique sur 48 bits
  - Une topologie de site sur 16 bits
  - Un identificateur d'interface sur 64 bits



17

## Aggregatable Global Unicast Addresses

- Exemples de TLA assignés :

IPv6 Prefix	FP	TLA Binary Value	Assignment
2000::/16	001	0 0000 0000 0000	Reserved
2001::/16	001	0 0000 0000 0001	Sub-TLA
Assignments			
2002::/16	001	0 0000 0000 0010	"6to4"
2003::/16	001	0 0000 0000 0011	Global Unicast
3FFE::/16	001	1 1111 1111 1110	6bone Testing

18

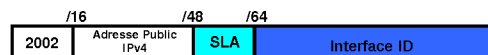
## IDs Interface

- Lowest-order 64-bit field of unicast address may be assigned in several different ways:
  - auto-configured from a 64-bit EUI-64, or expanded from a 48-bit MAC address (e.g., Ethernet address)
  - auto-generated pseudo-random number (to address privacy concerns)
  - assigned via DHCP
  - manually configured

19

## Adresses 6to4 (RFC 3056)

- Format des adresses:

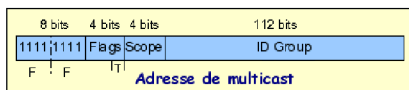


- Permet à 2 machines IPv6 de communiquer entre elles en IPv6 à travers un tunnel automatique IPv6/IPv4

20

## Adresse de Multicast

- Cette adresse spécifie un groupe d'interface appartenant au groupe de diffusion.
  - Le champ Flag indique la durée de validité de l'adresse (peut être permanente ou temporaire (bit T du champ flag))
  - Le champ Scope indique le niveau de diffusion de l'adresse (ex : 1 = nœud, 2 = lien, 3 = sous-réseau, 5 = site, E = Internet)



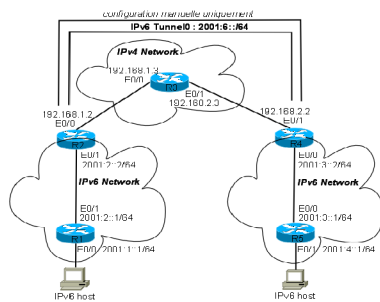
21

## Adresse de multicast : Exemples

- FF02::1 : tous les nœuds du lien
- FF02::2 : tous les routeurs du lien
- FF05::2 : tous les routeurs du lien
- FF02::9 : tous les routeurs RIP du lien
- Adresse de sollicitation de nœud :
  - FF02:0:0:0:1:FFXX:XXXX
  - Concaténation du préfixe FF02:0:0:0:1:FF00::/104 avec les 24 derniers bits de l'adresse unicast IPv6
  - Utilisées dans les messages de sollicitation de voisins

22

## Présentation de la maquette



23

## Configuration IPv6 (1/2)



- Active le routage IPv6 sur le routeur ;
- Assigne une adresse Unicast globale et active IPv6 sur l'interface ;
- Annonce un préfixe réseau sur le lien (configuration automatiquement en mode sans état) ;
- Active le routage RIP IPv6 sur l'interface FE 0/0 ;
- Active le processus de routage RIP IPv6 (ciscov6) au niveau global de la configuration.

```

R1#
ipv6 unicast-routing ❶
!
interface FastEthernet0/0
ipv6 address 2001:1::1/64 ❷
ipv6 nd prefix 2001:1::/64 ❸
ipv6 rip ciscov6 enable ❹
!
interface FastEthernet0/1
duplex auto
speed auto
ipv6 address 2001:2::1/64
ipv6 rip ciscov6 enable
!
ip classless
ipv6 router rip ciscov6 ❺
  
```

24

## Configuration IPv6 (2/2)

```
R1#sh ipv6 int fe0/0
FastEthernet0/1 is up, line protocol is up
IPv6 is enabled, link-local address is FE80::215:28FF:FE64:6788
Global unicast address(es):
  2001:1::1, subnet is 2001:1::/64
Joined group address(es):
  FF02::1 "All nodes link local multicast"
  FF02::2 "All routers link local multicast"
  FF02::9 "All RIP routers link local multicast"
  FF02::1:FE64:6788 "Solicited-Node Multicast Address"
MTU is 1500 bytes
ICMP error messages limited to one every 100 milliseconds
ICMP redirects are enabled
ICMP unreachable are sent
ND DAD is enabled, number of DAD attempts: 1
ND reachable time is 30000 milliseconds
ND advertised reachable time is 0 milliseconds
ND advertised retransmit interval is 0 milliseconds
ND router advertisements are sent every 200 seconds
ND router advertisements live for 1800 seconds
R1#
```

Adresse MAC: 08:15:28:e4:67:88

215.28FF:FE64:6788

2001:1::1, subnet is 2001:1::/64

FF02::1 "All nodes link local multicast"

FF02::2 "All routers link local multicast"

FF02::9 "All RIP routers link local multicast"

FF02::1:FE64:6788 "Solicited-Node Multicast Address"

MTU is 1500 bytes

ICMP error messages limited to one every 100 milliseconds

ICMP redirects are enabled

ICMP unreachable are sent

ND DAD is enabled, number of DAD attempts: 1

ND reachable time is 30000 milliseconds

ND advertised reachable time is 0 milliseconds

ND advertised retransmit interval is 0 milliseconds

ND router advertisements are sent every 200 seconds

ND router advertisements live for 1800 seconds

R1#

## Protocole de routage RIPng

```
R1#debug ipv6 rip
RIPng: Sending multicast update on FE0/1 for
ciscov6
src=FE80::215:28FF:FE64:6788
dst=FF02::9 (FE0/1)
sport=521, dport=521, length=32
command=2, version=1, mbz=0, #rte=1
tag=0, metric=1, prefix=2001:2::/64

RIPng: response received from
FE80::215:62FF:FE68:5761 on FE0/1 for ciscov6
src=FE80::215:62FF:FE68:5761 (FE0/1)
dst=FF02::9
sport=521, dport=521, length=32
command=2, version=1, mbz=0, #rte=1
tag=0, metric=1, prefix=2001:2::/64
```

```
R1#show ipv6 route
IPv6 Routing Table - 6 entries
Codes: C - Connected, L - Local, S -
Static,
...
C 2001:1::/64 [0/0]
via ::, FastEthernet0/0
L 2001:1::1/128 [0/0]
via ::, FastEthernet0/0
C 2001:2::/64 [0/0]
via ::, FastEthernet0/1
L 2001:2::1/128 [0/0]
via ::, FastEthernet0/1
L FE80::/10 [0/0]
via ::, Null0
L FE80::/8 [0/0]
via ::, Null0
```

26

## Configuration automatique des adresses

- Traditionnellement, la configuration d'une interface réseau est manuelle. Dans IPv6, elle est rendue automatique.
- Fait partie du protocole **Neighbor Discovery** (RFC 2461)
- Cette phase d'auto-configuration a pour objectif:
  - L'acquisition d'une adresse quand une machine est attachée à un réseau pour la première fois
- Le processus d'auto-configuration d'adresse IPv6 comprend:
  - La création d'une adresse lien-local
  - La vérification de son unicité
  - La création d'une adresse unicast globale

27

## Protocole Neighbor Discovery

- ND permet à un équipement de s'intégrer dans l'environnement de réseau local.
- Il remplit les différentes fonctions suivantes :
  - La résolution d'adresses: utilise les messages ICMPv6 au lieu du protocole ARP.
  - Détection d'inaccessibilité des voisins: permet d'enlever des tables de routage les voisins devenus inaccessibles.
  - Configuration automatique.
  - Détection d'adresses dupliquées (DAD).

28

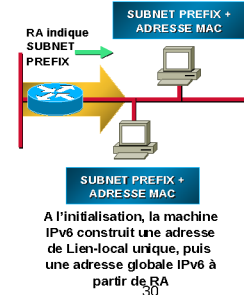
## Protocole Neighbor Discovery

- ND spécifie 5 types de paquets ICMPv6:
  - Router solicitation (ICMPv6 type 133)
  - Router advertisement (ICMPv6 type 134)
  - Neighbor solicitation (ICMPv6 type 135)
  - Neighbor advertisement (ICMPv6 type 136)
  - Redirect (ICMPv6 type 137)

29

## Auto-Configuration IPV6

- Sans état (Stateless) (RFC2462)**
  - La machine génère son adresse IPv6 à partir d'informations locales et d'informations fournies par les routeurs du lien.
  - Elle s'appuie sur le protocole ICMPv6.
  - Des messages ICMPv6 sollicitation de routeur (RS), sont envoyés à tous les routeurs du lien (FF02::2) pour demander des RA.
  - Les routeurs répondent alors par un message annonce de routeur (RA), dans lequel il renseigne le préfixe du lien.
- Avec état (Stateful)**
  - Utilise le protocole DHCPv6



## Auto-Configuration sans état



### 1 - ICMP Type = 133 (RS)

Src = adresse Lien-local (FE80::/10)  
 Dst = adresse multicast des routeurs Lien-local (FF02::2)  
 requête = Demande de RA

### 2 - ICMP Type = 134 (RA)

Src = adresse Lien-local Routeur (FE80::/10)  
 Dst = adresse multicast des nœuds du lien (FF02::1)  
 Données = options, prefix, lifetime...

31

## Auto-Configuration sans état

```

R1#debug ipv6 nd
ICMP Neighbor Discovery events debugging is on
ICMPv6-ND: Request to send RA for FE80::215:2BFF:FE04:6788
ICMPv6-ND: Sending solicited RA on FE0/0
ICMPv6-ND: Received RS on FastEthernet0/0 from FE80::230:5FF:FE0F:D186
ICMPv6-ND: Sending RA from FE80::215:2BFF:FE04:6788 to FF02::1 on FE0/0
ICMPv6-ND: MTU = 1500
ICMPv6-ND: prefix = 2001:1::/64 onlink autoconfig
ICMPv6-ND: 2592000/604800 (valid/preferred)

ICMPv6-ND: Sending NS for FE80::215:2BFF:FE04:6788 on FE0/0
ICMPv6-ND: DAD: FE80::215:2BFF:FE04:6788 is unique.
ICMPv6-ND: Sending NA for FE80::215:2BFF:FE04:6788 on FE0/0
ICMPv6-ND: Linklocal FE80::215:2BFF:FE04:6788 on FE0/0, up

ICMPv6-ND: Sending NS for 2001:1::1 on FE0/0
ICMPv6-ND: DAD: 2001:1::1 is unique.
ICMPv6-ND: Sending NA for 2001:1::1 on FE0/0
ICMPv6-ND: Address 2001:1::1/64 is up on FE0/0
    
```

32

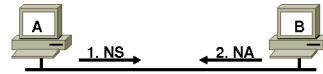


## Création de l'adresse Lien local

- À l'initialisation de son interface, la machine IPv6 construit une adresse de Lien-local unique:
  - Concaténation du préfixe FE80::10 avec un identifiant (souvent à partir de l'adresse MAC de l'interface).
- L'adresse ainsi constituée est dans un état provisoire:
  - Vérification de l'unicité de cette adresse.
- Si l'adresse existe déjà, une intervention manuelle est nécessaire.
- Détection d'adresses dupliquées (DAD).

33

## Détection d'adresses dupliquées



**Sollicitation d'un voisin (NS):**  
**ICMP type = 135**  
 Src = (::)  
 Dst = adresse multicast de sollicitation du nœud A  
 Données = adresse cible de A  
 Requête = Vérification de l'adresse

**Annonce d'un voisin (NA):**  
**ICMP type = 136**  
 Src = B  
 Dst = adresse multicast des nœuds du lien (FF02::1)  
 Données = adresse niveau 2 de B

34

## Détection d'adresses dupliquées

```

R1#debug ipv6 nd
ICMP Neighbor Discovery events debugging is on
ICMPv6-ND: Request to send RA for FE80::215:2BFF:FE04:6788
ICMPv6-ND: Sending solicited RA on FE0/0
ICMPv6-ND: Received RS on FastEthernet0/0 from FE80::230:5FF:FE0B:D186
ICMPv6-ND: Sending RA from FE80::215:2BFF:FE04:6788 to FF02::1 on FE0/0
ICMPv6-ND: MTU = 1500
ICMPv6-ND: prefix = 2001:1::/64 onlink autoconfig
ICMPv6-ND: 2592000/604800 (valid/preferred)

ICMPv6-ND: Sending NS for FE80::215:2BFF:FE04:6788 on FE0/0
ICMPv6-ND: DAD: FE80::215:2BFF:FE04:6788 is unique.
ICMPv6-ND: Sending NA for FE80::215:2BFF:FE04:6788 on FE0/0
ICMPv6-ND: LinkLocal FE80::215:2BFF:FE04:6788 on FE0/0, up

ICMPv6-ND: Sending NS for 2001:1::1 on FE0/0
ICMPv6-ND: DAD: 2001:1::1 is unique.
ICMPv6-ND: Sending NA for 2001:1::1 on FE0/0
ICMPv6-ND: Address 2001:1::1/64 is up on FE0/0
    
```

35

## Transition IPv4/IPv6

- Différentes techniques sont implémentées, qui peuvent être regroupées en trois catégories:
  - Double "Pile" IP:** Les équipements ont une adresse dans chacun des plans d'adressage IPv4 et IPv6.
    - acheminement du trafic IPv4 et du trafic IPv6
  - Encapsulation - Tunneling:** Encapsulation des paquets IPv6 dans des paquets IPv4.
    - tunnels IPv6 à travers une infrastructure IPv4
  - Translation NAT-PT:** Traduction des en-têtes IPv4 <--> IPv6.
    - interopérabilité entre les équipements seulement IPv4 et les équipements seulement IPv6.

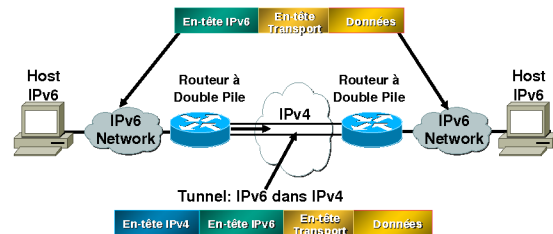
36

## Encapsulation IPv6 dans IPv4 (1/2)

- Trois techniques d'encapsulation mises en œuvre:
  - Tunnels IPv6 manuellement configuré
  - Tunnels 6to4 automatiques
  - Tunnels IPv6 compatibles IPv4

37

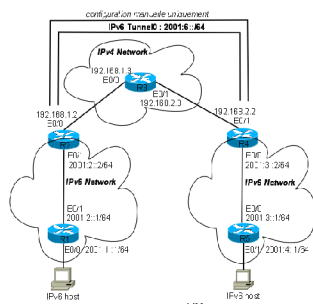
## Encapsulation IPv6 dans IPv4 (2/2)



38

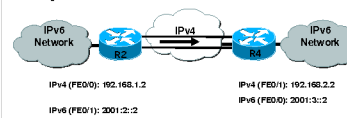
## Tunnels IPv6 manuels (RFC 2893)

- Tunnel IPv6 manuel:
  - Utilisé entre deux point (comme un lien point à point);
  - Généralement entre deux routeurs frontières IPv6/IPv4 traversant un réseau IPv4;
  - Nécessite la configuration des adresses source et destination des deux extrémités du tunnel;
  - Disponible sur la majorité des routeurs IPv6;



39

## Config. d'un tunnel IPv6 manuel (1/3)



- Configure une interface de type tunnel ;
- Assigne une adresse IPv6 à l'interface ;
- Indique l'adresse IPv4 source du tunnel ;
- Indique l'adresse IPv4 destination du tunnel ;
- Active le tunnel manuellement configuré ;

```
R2# show running-config
version 12.4
!
ipv6 unicast-routing
!
interface Tunnel0
!
 ipv6 address 2001:6::1:64
 ipv6 rip ciscav6 enable
 tunnel source FastEthernet0/0
 tunnel destination 192.168.2.2
 tunnel mode ipv6ip
!
interface FastEthernet0/0
 ip address 192.168.1.2 255.255.255.0
!
interface FastEthernet0/1
 ipv6 address 2001:2::2/64
 ipv6 rip ciscav6 enable
!
router ospf 1
 network 192.168.1.0 0.0.0.255 area 0
!
ip classless
ipv6 router rip ciscav6
40
```

## Config. d'un tunnel IPv6 manuel (2/3)

```
R2# show running-config
version 12.4
!
ipv6 unicast-routing
!
interface Tunnel0
!
ipv6 address 2001:8::1/64
ipv6 rip ciscav6 enable
tunnel source FastEthernet0/0
tunnel destination 192.168.2.2
tunnel mode ipv6ip
!
interface FastEthernet0/0
ip address 192.168.1.2 255.255.255.0
!
interface FastEthernet0/1
ipv6 address 2001:2::2/64
ipv6 rip ciscav6 enable
!
router ospf 1
network 192.168.1.0 0.0.0.255 area 0
!
ip classless
ipv6 router rip ciscav6
```

```
R4# show running-config
version 12.4
!
ipv6 unicast-routing
!
interface Tunnel0
!
ipv6 address 2001:8::1/64
ipv6 rip ciscav6 enable
tunnel source FastEthernet0/1
tunnel destination 192.168.1.2
tunnel mode ipv6ip
!
interface FastEthernet0/1
ip address 192.168.2.2 255.255.255.0
!
interface FastEthernet0/0
ipv6 address 2001:3::2/64
ipv6 rip ciscav6 enable
!
router ospf 1
network 192.168.2.0 0.0.0.255 area 0
!
ip classless
ipv6 router rip ciscav6
```

## Config. d'un tunnel IPv6 manuel (3/3)

```
R2# show ip route
R 2001:1::/64 [120/2]
  via FE80::215:20FF:FE4:6790, FastEthernet0/1
C 2001:2::/64 [0/0] via ::, FastEthernet0/1
L 2001:2::2/32 [0/0] via ::, FastEthernet0/1
R 2001:3::/64 [120/2]
  via FE80::C0A8:202, Tunnel0
R 2001:4::/64 [120/1]
  via FE80::C0A8:202, Tunnel0
C 2001:6::/64 [0/0] via ::, Tunnel0
L 2001:6::1/32 [0/0] via ::, Tunnel0
L FE80::/30 [0/0] via ::, Null0
L FF00::/8 [0/0] via ::, Null0
```

```
R4# show ip route
R 2001:1::/64 [120/1]
  via FE80::C0A8:102, Tunnel0
R 2001:2::/64 [120/2]
  via FE80::C0A8:102, Tunnel0
C 2001:3::/64 [0/0] via ::, FastEthernet0/0
L 2001:3::2/32 [0/0] via ::, FastEthernet0/0
R 2001:4::/64 [120/2]
  via FE80::215:62FF:FEAE:AF60, FastEthernet0/0
C 2001:6::/64 [0/0] via ::, Tunnel0
L 2001:6::2/32 [0/0] via ::, Tunnel0
L FE80::/30 [0/0] via ::, Null0
L FF00::/8 [0/0] via ::, Null0
```

- Les routes apprises par R2 via RIP, vers le segment IPv6 situé derrière le routeur R4, sont bien accessibles via l'interface Tunnel0.
- On peut constater le même résultat sur la table de routage du routeur R4, pour les routes apprises vers le segment IPv6 situé derrière le routeur R2.

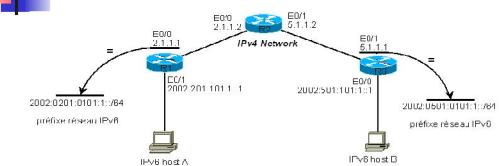
42

## Tunnels 6to4 automatiques (RFC 3056)

- Un tunnel 6to4 automatique permet de relier plusieurs domaines IPv6 isolés vers des réseaux IPv6 distants, à travers une infrastructure IPv4.
- Contrairement à un tunnel IPv6 manuellement configuré, le tunnel 6to4 automatique est lien **point-à-multipoint**.
- Le réseau IPv4 est considéré comme un réseau NBMA virtuel
- L'adresse destination du tunnel est déterminée automatiquement à partir de l'adresse IPv4 contenue dans l'adresse IPv6 destination.
- Format de l'adresse est 2002:<adresse IPv4>::

43

## Config. d'un tunnel 6to4 automatique (1/3)



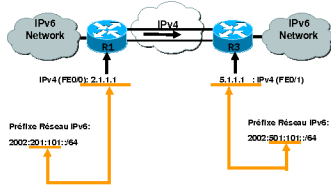
- 6to4 automatique
  - Utilise le préfixe 2002::/16
  - Destination de tunnel automatiquement déterminée par @IPv4 contenue dans @IPv6

2002	Adresse Public IPv4	/48	SLA	/64	Interface ID
------	---------------------	-----	-----	-----	--------------

44

## Config. d'un tunnel 6to4 automatique (2/3)

```
R1# show running-config
!
ipv6 unicast-routing
!
interface Tunnel0
  ipv6 unnumbered FastEthernet0/1
  tunnel source FastEthernet0/0
  tunnel mode ipv6ip 6to4
!
interface FastEthernet0/0
  ip address 2.1.1.1 255.255.255.0
!
interface FastEthernet0/1
  ipv6 address 2002:201:101:1::1/64
  ipv6 nd prefix 2002:201:101:1::/64
!
ip classless
ip route 5.1.1.0 255.255.255.0 2.1.1.2
!
ipv6 route 2002::/16 Tunnel0
```



- Indique à l'interface tunnel d'utiliser comme adresse source globale unicast celle de l'interface FE0/1.
- Configure une route statique vers le préfixe réseau 2002::/16, ayant pour interface de sortie l'interface tunnel.

45

## Config. d'un tunnel 6to4 automatique (3/3)

```
R1# show running-config
!
ipv6 unicast-routing
!
interface Tunnel0
  ipv6 unnumbered FastEthernet0/1
  tunnel source FastEthernet0/0
  tunnel mode ipv6ip 6to4
!
interface FastEthernet0/0
  ip address 2.1.1.1 255.255.255.0
!
interface FastEthernet0/1
  ipv6 address 2002:201:101:1::1/64
  ipv6 nd prefix 2002:201:101:1::/64
!
ip classless
ip route 5.1.1.0 255.255.255.0 2.1.1.2
!
ipv6 route 2002::/16 Tunnel0
```

```
R3# show running-config
!
ipv6 unicast-routing
!
interface Tunnel0
  ipv6 unnumbered FastEthernet0/0
  tunnel source FastEthernet0/1
  tunnel mode ipv6ip 6to4
!
interface FastEthernet0/0
  ipv6 address 2002:501:101:1::1/64
  ipv6 nd prefix 2002:501:101:1::/64
!
interface FastEthernet0/1
  ip address 5.1.1.1 255.255.255.0
!
ip classless
ip route 2.1.1.0 255.255.255.0 5.1.1.2
!
ipv6 route 2002::/16 Tunnel0
```

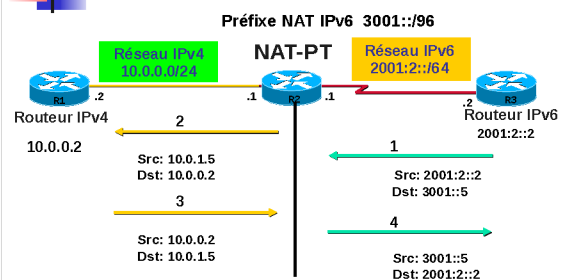
46

## Translation NAT-PT (RFC 2766)

- Permet à des machines/applications IPv6 natives de communiquer avec des machines/applications IPv4 natives.
- Similaire au NAT v4 mais assure en plus la conversion des en-têtes IPv4 <-> IPv6.
- Un préfixe de NAT-PT (/96) est utilisé pour faire la correspondance de l'adresse de destination d'un paquet IPv6
- Trois mécanismes de NAT-PT: **NAT-PT statique**, **NAT-PT dynamique**, et **NAPT-PT**.

47

## Maquette NAT-PT

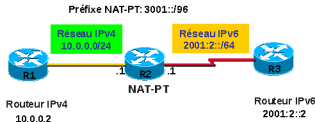


48

## Config. NAT-PT Statique

```
R2# show running-config
!
interface FastEthernet0/1
ipv6 address 2001:2::1/64
ipv6 nat
!
interface FastEthernet0/0
ipv6 address 10.0.0.1 255.255.255.0
ipv6 nat
!
ipv6 nat v4v6 source 10.0.0.2 3001::5
ipv6 nat v6v4 source 2001:2::2 10.0.1.5
!
ipv6 nat prefix 3001::/96
```

- Active NAT-PT sur chacune des deux interfaces.
- Configure une règle statique de translation v4-to-v6 pour traduire une adresse source IPv4 en son adresse IPv6.
- Configure une règle statique de translation v6-to-v4 pour traduire une adresse source IPv6 en son adresse IPv4.



```
R2# show ipv6 nat translations
Prot IPv4 source IPv6 source
--- ---
10.0.0.2 3001::5
--- ---
10.0.1.5 2001:2::2
10.0.0.2 3001::5
```

49

## Config. NAT-PT Dynamique

```
R2# show running-config
!
interface FastEthernet0/1
ipv6 address 2001:2::1/64
ipv6 nat
!
interface FastEthernet0/0
ipv6 address 10.0.0.1 255.255.255.0
ipv6 nat
!
ipv6 nat v4v6 source 10.0.0.2 3001::5
!
ipv6 nat v6v4 source list pt-list pool v6pool
!
ipv6 nat v6v4 pool v6pool 10.0.1.100 10.0.1.120
prefix-length 24
!
ipv6 access-list pt-list permit ipv6
2001:2::/64 any
!
ipv6 nat prefix 3001::/96
```

- Configure une règle statique de translation v4-to-v6.
- Configure une règle dynamique de translation v6-to-v4.
- Configure une règle dynamique de translation v6-to-v4.
- Configure la règle de contrôle d'accès IPv6 associé au pool.

50

## Conclusion

- Une maquette pédagogique dans le cadre des modules R4/TR2.
- Permet d'illustrer et de faire valider plusieurs concepts et mécanismes du protocole IPv6.
- Permet d'appréhender les problèmes liés au déploiement d'applications IPv6.
- Mais aussi tous les problèmes de mise à jour, d'indisponibilité ou d'incompatibilité de versions logicielles pour les routeurs.

51

## Perspectives

- Mettre en œuvre la mobilité IPv6 entre les deux segments IPv6 de la maquette.
- Un groupe d'étudiants travaillent actuellement sur le déploiement de mobilité IPv6.

52



## Références (RFC)

**Specification (RFC2460)**    **Neighbour Discovery (RFC2461)**  
**ICMPv6 (RFC2463)**        **IPv6 Addresses (RFC2373/4/5)**  
**RIP (RFC2080)**            **BGP (RFC2545)**  
**IGMPv6 (RFC2710)**       **OSPF (RFC2740)**  
**Auto-configuration (RFC2462)**



## Aggregatable Global Unicast Addresses

- Sub-TLA assignés avec le TLA 0x0001

3	13	13	19
FP	TLA ID	Sub-TLA ID	NLA ID

|001|0 0000 0000 0001|xxxx xxxx xxxx x|xxx xxxx xxxx xxxx xxxx|

IPv6 Prefix Date	sub-TLA Binary Values	Allocated to
2001:0000::/23	0000 000X XXXX X	IANA Jul 99
2001:0200::/23	0000 001X XXXX X	APNIC Jul 99
2001:0400::/23	0000 010X XXXX X	ARIN Jul 99