

8



L'ADRESSAGE IPV6

Une adresse IPv6 est une adresse IP de la version 6 du protocole Internet (IPv6).

L'IPv6 a été créé afin de résoudre le problème de pénurie d'adresses IP uniques dans l'IPv4, qui est la version précédente du protocole de communication de réseau Internet.

Une adresse IPv6 contient 128 bits, contre 32 bits pour IPv4.

Ce qui donne $2^{128} \approx 3,4 \times 10^{38} = 340$ sextillions d'adresses IPv6, contre $2^{32} \approx 4$ milliards d'adresses IPv4...

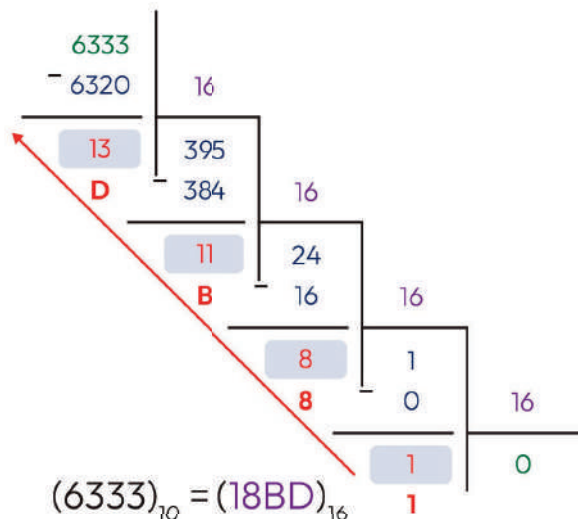
8.1. Le système de numération hexadécimale :

8.1.1. Définition :

Le système de numération hexadécimale est composé de 16 symboles : {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F}

0	1	2	3
4	5	6	7
8	9	A	B
C	D	E	F

8.1.2. Conversion décimale → hexadécimale :



On utilise des divisions successives par 16 et on garde les retenues dans le sens inverse.

8.1.3. Conversion hexadécimale → Décimale

$$(1B58)_{16} = (?)_{10}$$

$16^3 = 4096$	$16^2 = 256$	$16^1 = 16$	$16^0 = 1$
1	B	5	8
1×16^3	$B \times 16^2$	5×16^1	8×16^0

$$(1B58)_{16} = 1 \times 16^3 + 11 \times 16^2 + 5 \times 16^1 + 8 \times 16^0$$

$$(1B58)_{16} = (7000)_{10}$$

8.1.4. Conversion hexadécimale ↔ binaire :

La conversion hexadécimale/binaire se base sur ce tableau :

Binaire	Hexadécimale	Binaire	Hexadécimale
0000	0	1000	8
0001	1	1001	9
0010	2	1010	A
0011	3	1011	B
0100	4	1100	C
0101	5	1101	D
0110	6	1110	E
0111	7	1111	F

Exemple 1 : hexadécimale → binaire

$$(FA57)_{16} = (?)_2$$

F	A	5	7
1111	1010	0101	0111

$$(FA57)_{16} = (1111\ 1010\ 0101\ 0111)_2$$

Exemple 2 : binaire → hexadécimale

$$(101101010111101101)_2 = (?)_{16}$$

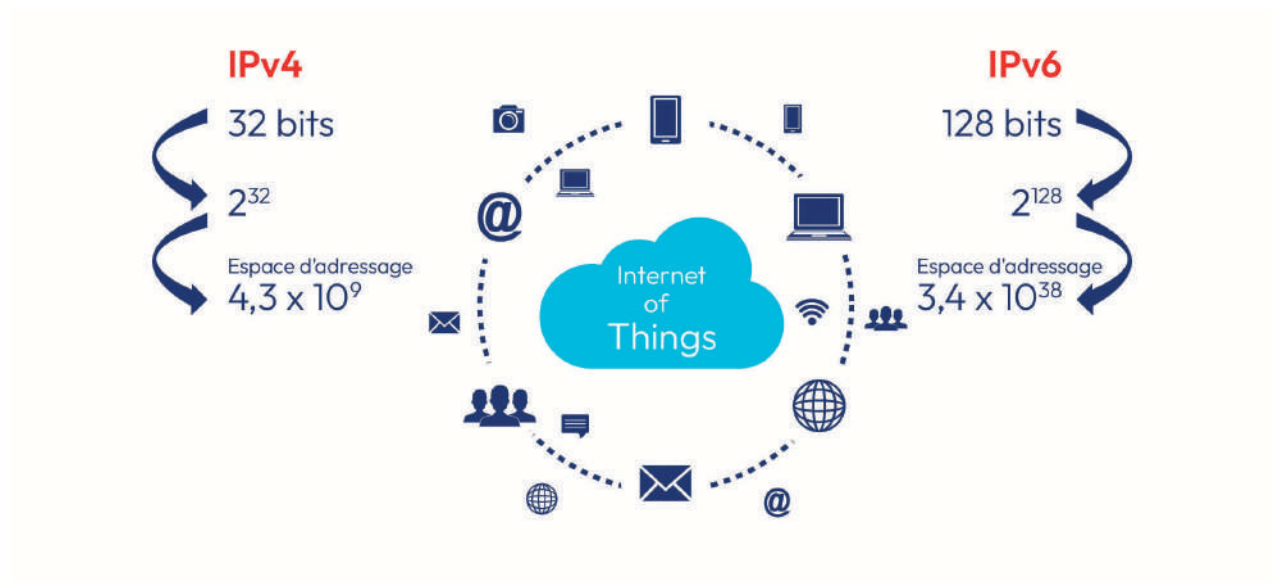
0101	1010	1011	1110	1101
5	A	B	E	D

$$(101101010111101101)_2 = (5ABED)_{16}$$

8.2. Les bases de l'adressage IPv6 :

8.2.1. Apparition du protocole IPv6 :

Vu l'apparition de l'internet des objets, les concepteurs des protocoles de la couche réseau ont pensé à un nouveau protocole qui a un très grand espace d'adressage : c'est IPv6.

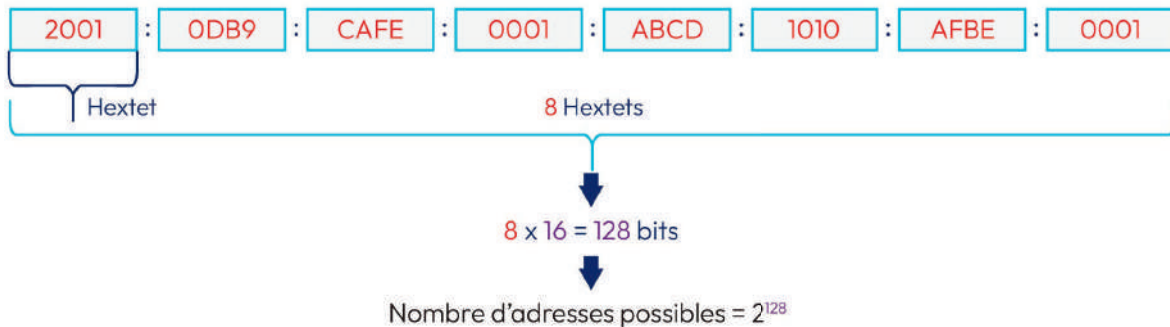


8.2.2. Avantages du protocole IPv6 :

Parmi les avantages du protocole IPv6 :

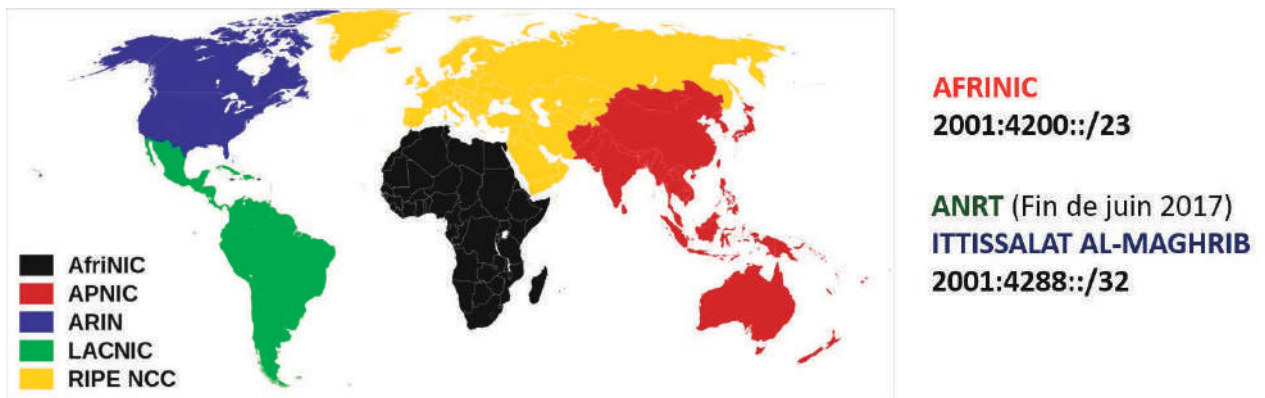
- ➔ L'espace d'adressage plus étendu.
- ➔ Le traitement des données d'une manière plus efficace par les routeurs.
- ➔ La configuration des adresses IPv6 avec ou sans état.
- ➔ La communication de bout en bout.
- ➔ La prise en charge obligatoire de la qualité de service.
- ➔ La configuration automatique d'une adresse de liaison locale
 - ➔ Communication locale sans intervention de l'administrateur réseau.

ESPACE D'ADRESSAGE PLUS ÉTENDU :



EFFICACITÉ DE TRAITEMENT DES DONNÉES PAR LES ROUTEURS :

Les adresses sont allouées par blocs géographiques → faciliter le traitement des données aux routeurs.

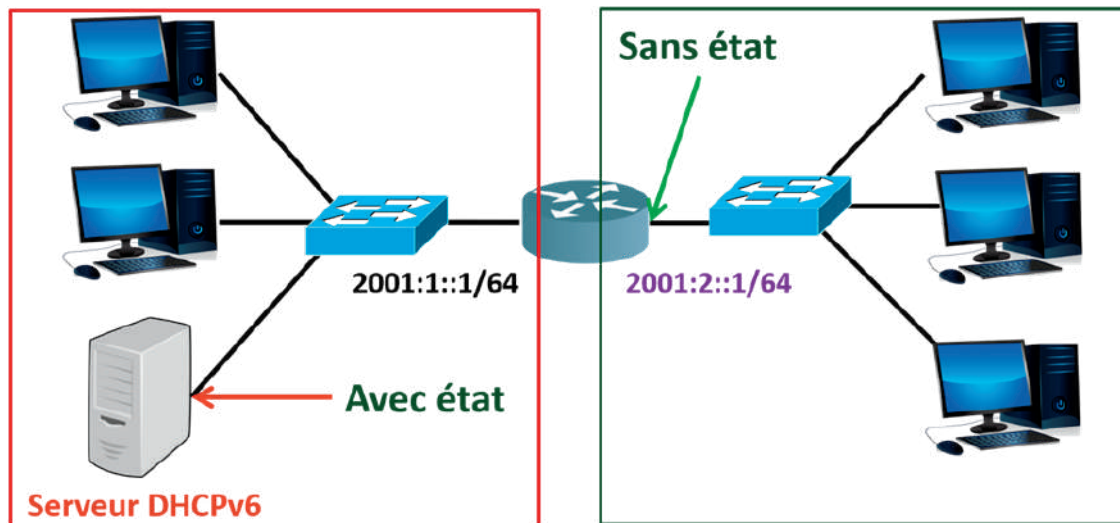


Les adresses sont allouées par blocs géographiques

CONFIGURATION DES ADRESSES IPV6 AVEC ÉTAT OU SANS ÉTAT :

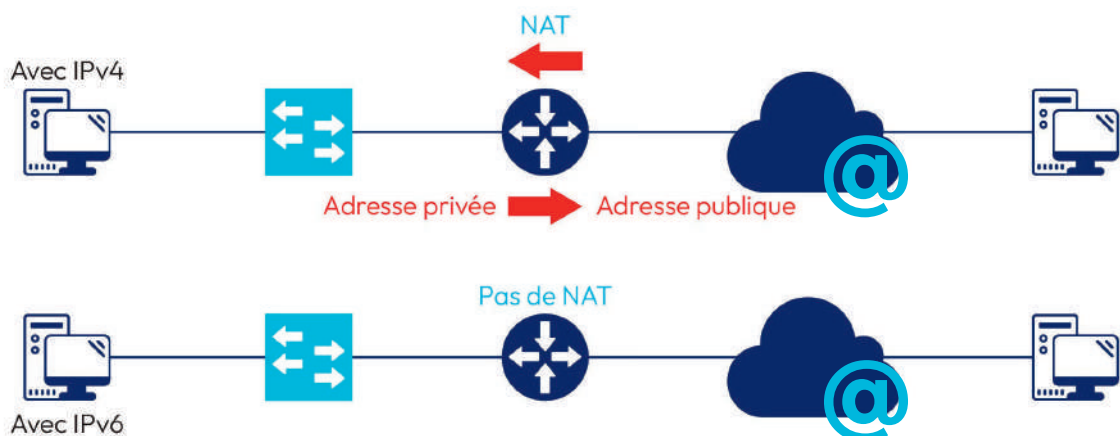
Les ordinateurs peuvent avoir une adresse IPv6 avec ou sans la présence d'un serveur DHCPv6.

- ➔ **Avec état** : C'est le serveur DHCP qui se charge de l'attribution des adresses IP aux hôtes.
- ➔ **Sans état** : C'est le routeur qui se charge de l'attribution du préfixe réseau aux hôtes.



Communication de bout en bout :

Avec IPv6, on n'a pas besoin d'utiliser le NAT → pas d'anonymat.



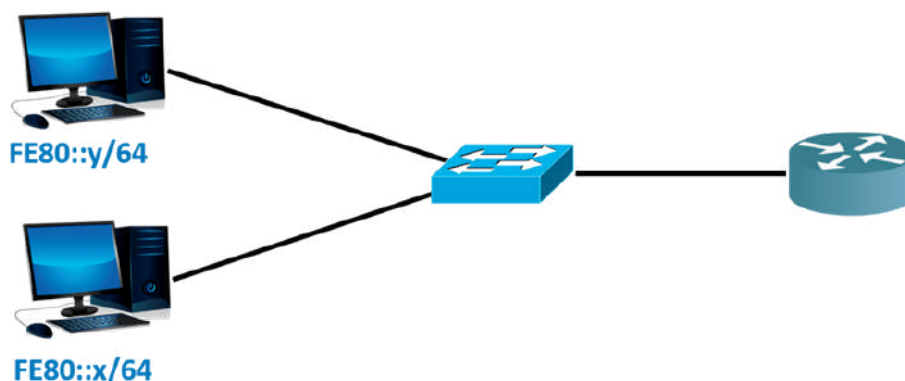
PRISE EN CHARGE DE LA QUALITÉ DE SERVICE :

Le protocole IPv6 prend en charge obligatoirement la qualité de service.



CONFIGURATION AUTOMATIQUE DES ADRESSES DE LIAISON LOCALE :

L'utilisateur n'a pas besoin de configurer les adresses IPv6 des ordinateurs pour communiquer localement.



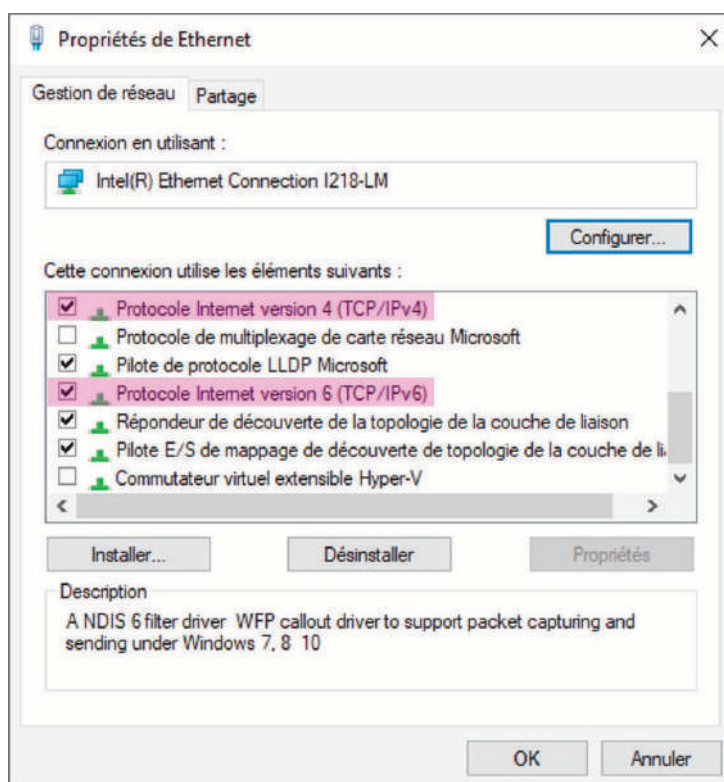
8.2.3. Techniques de migration IPv6 :

Il existe 3 méthodes de migration IPv6 :

- ➡ Double pile
- ➡ Tunneling
- ➡ Traduction

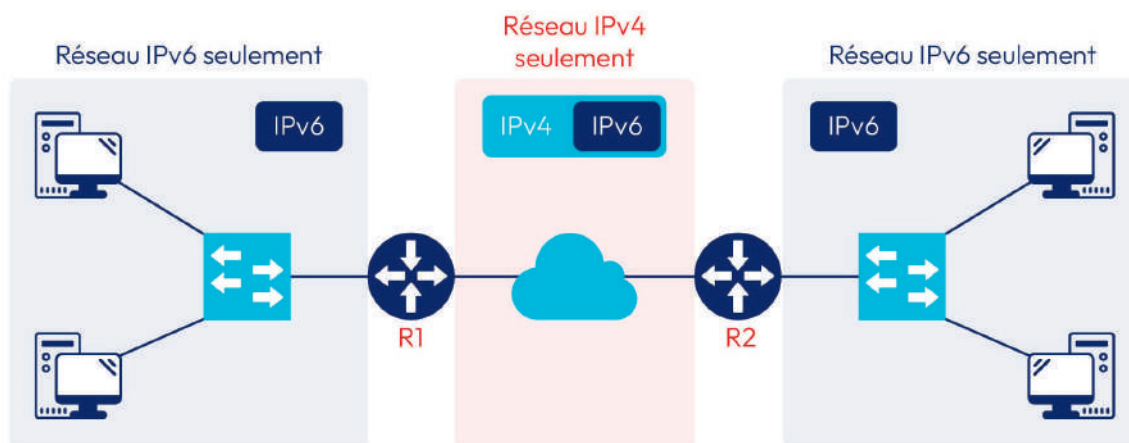
DOUBLE PILE :

La carte réseau peut communiquer à l'aide des deux protocoles IPv4 et IPv6



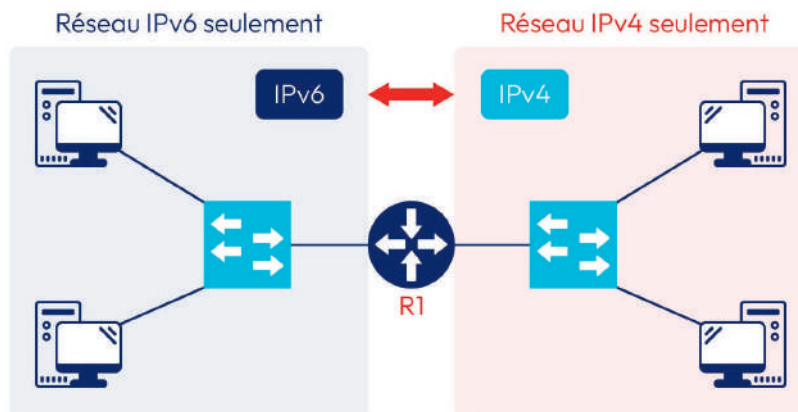
TUNNELING :

Le tunneling consiste à encapsuler un paquet IPv6 dans un paquet IPv4.



TRADUCTION :

La traduction consiste à traduire un paquet IPv4 en un paquet IPv6, et inversement.



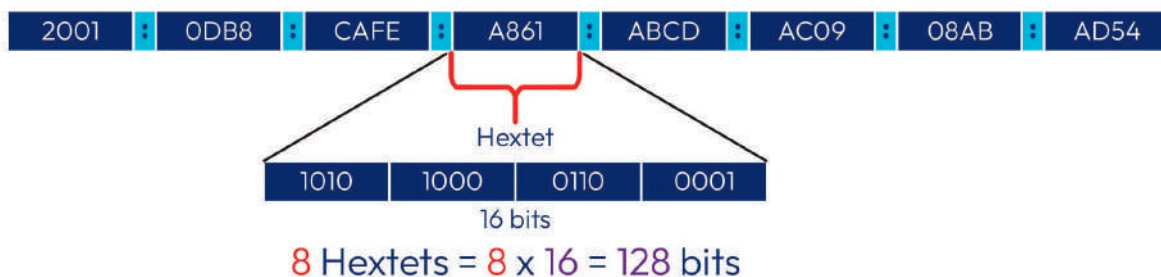
8.2.4. Adressage IPv6 :

ADRESSE IPV6 :

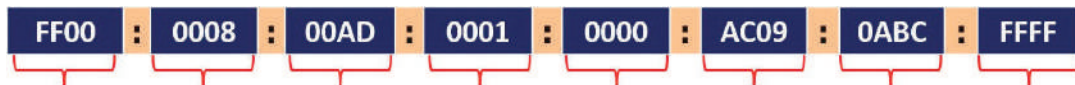
Une adresse IPv6 est un nombre de **8 hextets représentés en hexadécimales** et séparés par deux points (:) :

- La valeur minimale d'un hextet est : 0000
- La valeur maximale d'un hextet est : FFFF

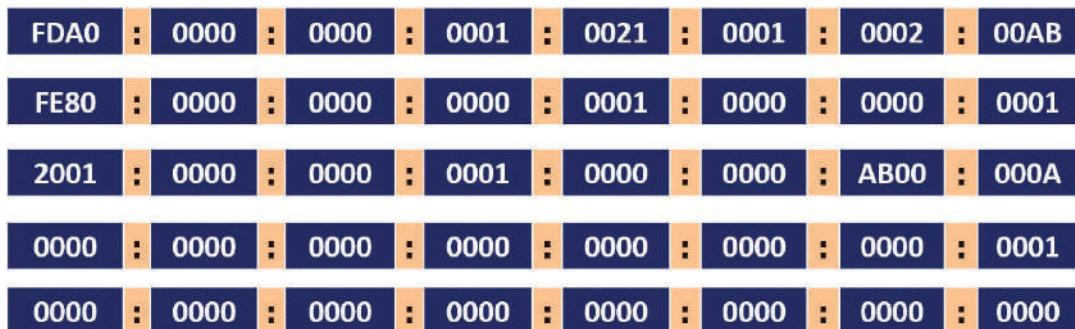
Une adresse IPv6 est composée de 128 bits.



LE FORMAT PRIVILÉGIÉ D'UNE ADRESSE IPV6 :



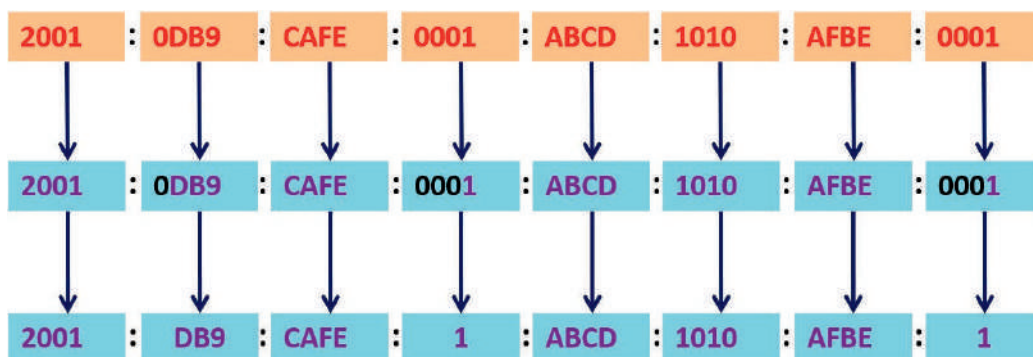
Chaque hextet est composé de 4 symboles hexadécimaux



LE FORMAT COMPRESSÉ D'UNE ADRESSE IPV6 :

Première règle :

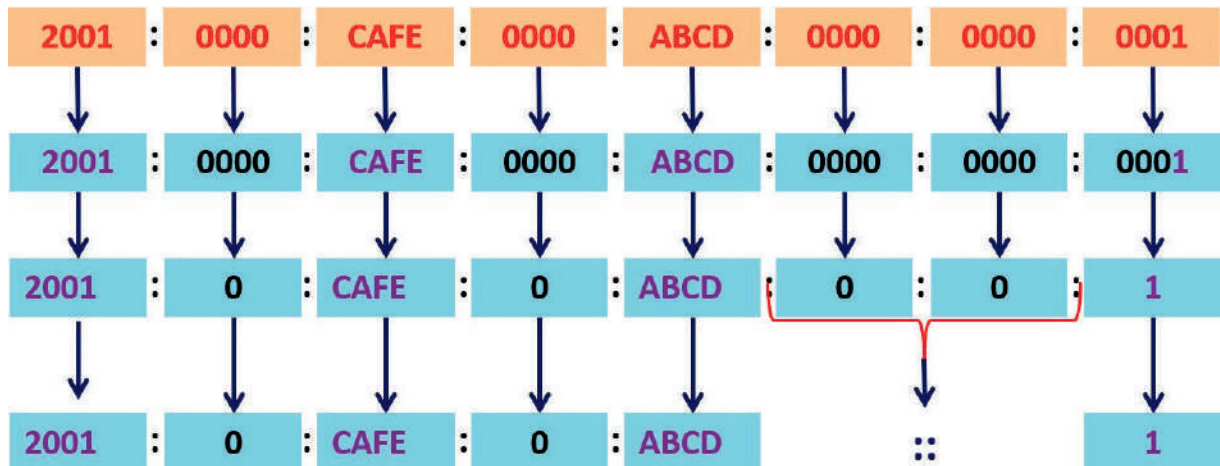
Supprimez les zéros qui se trouvent à gauche dans chaque hextet.



Si l'hextet contient 4 zéros, on les remplace par un seul zéro.

Deuxième règle :

Remplacez une suite de zéros successifs dans les hextets par « :: »

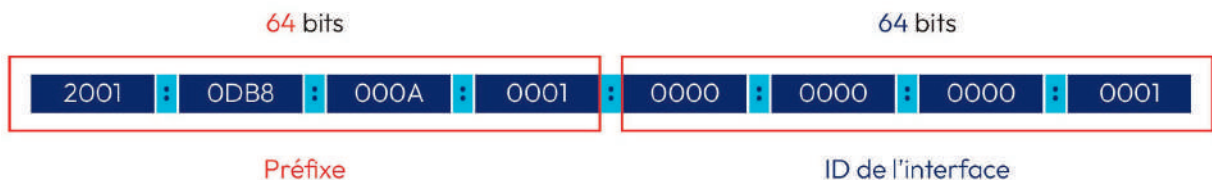


Cette règle est appliquée une seule fois.

LA LONGUEUR DE PRÉFIXE :

L'adresse IPv6 est composée de deux parties :

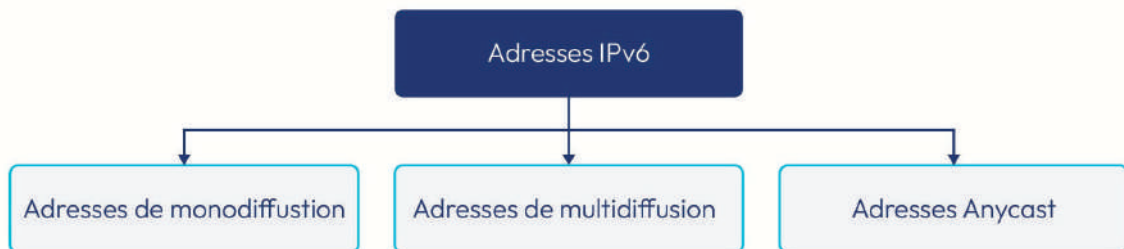
- **Le préfixe** : c'est l'équivalent de la partie réseau IPv4
- **L'ID de l'interface** : c'est l'équivalent de la partie hôte IPv4



La longueur de préfixe est le nombre de bits dans la partie « **Préfixe** ». C'est l'équivalent du masque en IPv4.

8.3. Les types d'adresses IPv6 :

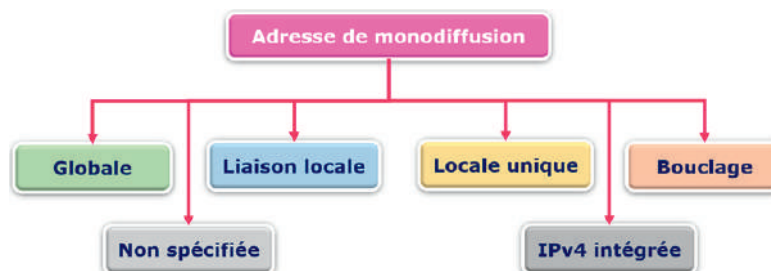
Il existe 3 types d'adresses IPv6 : Adresses de monodiffusion (**Unicast**), adresses de multidiffusion (**Multicast**) et adresses **Anycast**



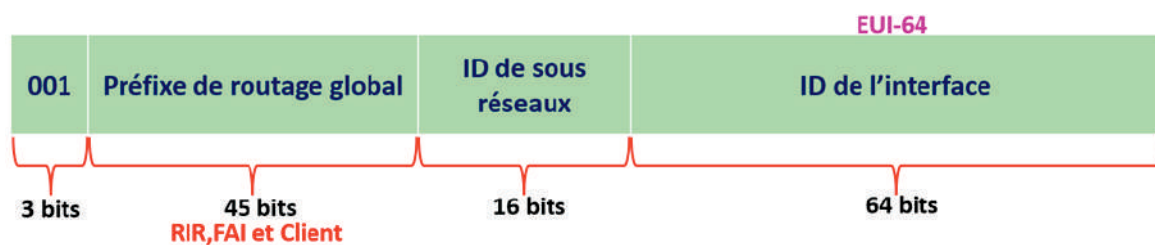
8.3.1. Adresses de monodiffusion (anycast) :

Une adresse de monodiffusion est une adresse qui permet à une machine de communiquer avec une seule machine.

Il existe plusieurs types d'adresses de monodiffusion :



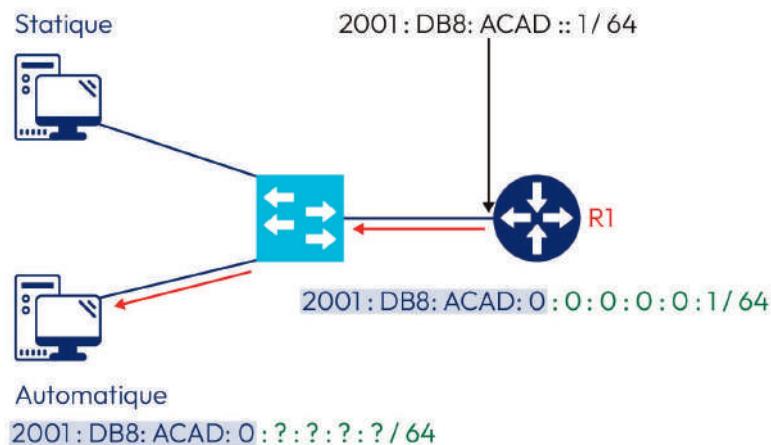
ADRESSES DE MONODIFFUSION GLOBALES :



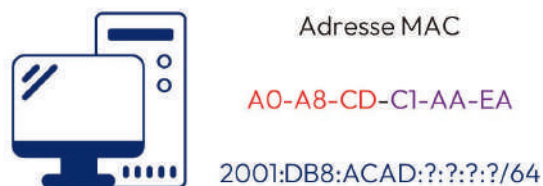
- ➔ Le préfixe des adresses de monodiffusion globales : 2000::/3 (2000 → 3FFF)
- ➔ 16 bits pour les sous-réseaux internes → 2¹⁶ sous-réseaux.
- ➔ Les adresses de monodiffusion globales sont routables sur Internet.

Attribution dynamique d'une adresse de monodiffusion globale :

Étape 1 : L'ordinateur utilise le préfixe envoyé par le routeur.



Étape 2 : Pour la partie ID de l'interface, elle peut être générée aléatoirement ou obtenue à l'aide de la méthode **EUI-64**.

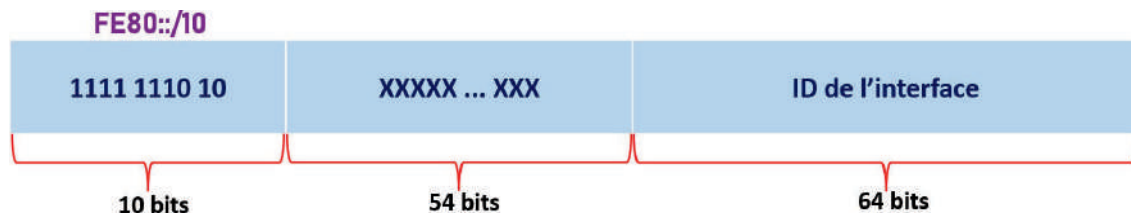


Etape	Exemple
L'adresse MAC de l'ordinateur	A0-A8-CD-C1-AA-EA
Insertion de FFFE au milieu de l'adresse MAC	A0-A8-CD-FF-FE-C1-AA-EA
Conversion du 2 ^{ème} symbole en binaire et localisation du 7 ^{ème} bit	A0-A8-CD-FF-FE-C1-AA-EA A[0000]-A8-CD-FF-FE-C1-AA-EA
Inversion de la valeur du 7 ^{ème} bit et conversion du symbole à sa valeur décimale.	A[0010]-A8-CD-FF-FE-C1-AA-EA A2-A8-CD-FF-FE-C1-AA-EA
La valeur de l'ID de l'interface	A2A8:CDFF:FEC1:AAEA
L'adresse IPv6	2001:DB8:ACAD:0:A2A8:CDFF:FEC1:AAEA

2001:DB8:ACAD:0:A2A8:CDFF:FEC1:AAEA/64

2001:DB8::/32 est utilisé pour la documentation
et ne sont pas routables sur Internet

ADRESSE DE LIAISON LOCALE :



- ➔ Le préfixe des adresses Link-Local : **FE80::/10** (FE80 → FEBF)
- ➔ Les adresses Link-Local sont générées automatiquement sur les hôtes IPv6
 - Le préfixe par défaut est **FE80::/64**
 - L'ID de l'interface est généré par la méthode **EUI-64** ou **aléatoirement**
- ➔ Les adresses Link-Local sont similaires aux adresses APIPA IPv4
- ➔ Les adresses Link-Local sont utilisées pour certains types de communications : DHCPv6, détection des voisins, etc.

ADRESSES LOCALES UNIQUES :



- ➔ Le préfixe des adresses locales uniques : **FC00::/7** (FC00 → FDFF)
- ➔ Les adresses locales uniques sont uniques globalement
- ➔ Les adresses locales uniques sont similaires aux adresses privées IPv4
- ➔ L'ID de l'interface généré par la méthode EUI-64 ou aléatoirement

AUTRES ADRESSES DE MONODIFFUSION :

Adresse de bouclage :

- ➞ L'adresse de bouclage = (::1/128)
- ➞ L'adresse de bouclage est utilisée pour tester la pile TCP/IP en s'envoyant un paquet IPv6

```
C:\>ping -6 ::1

Envoi d' une requête 'Ping'  ::1 avec 32 octets de données :
Réponse de ::1 : temps<1ms
Réponse de ::1 : temps<1ms
Réponse de ::1 : temps<1ms
Réponse de ::1 : temps<1ms

Statistiques Ping pour ::1:
    Paquets : envoyés = 4, reçus = 4, perdus = 0 (perte 0%),
    Durée approximative des boucles en millisecondes :
        Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Moyenne = 0ms
```

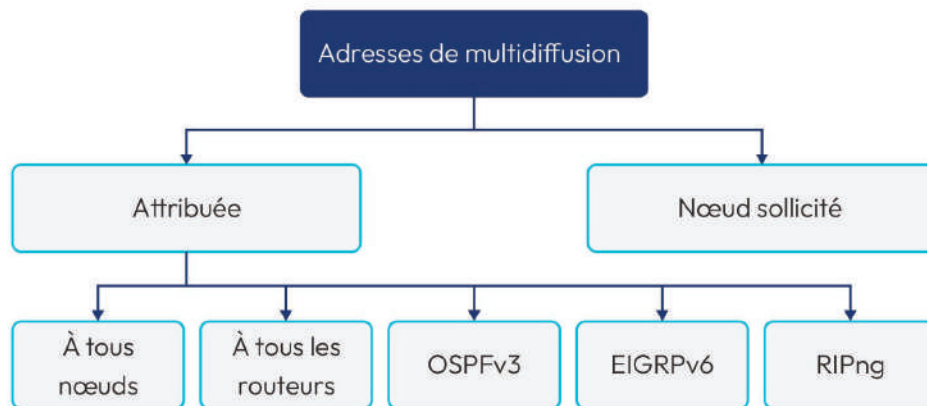
Adresse non spécifiée :

- ➞ L'adresse non spécifiée = (::/128)
- ➞ L'adresse non spécifiée est utilisée lorsque le périphérique n'a pas encore d'adresse
- ➞ L'adresse non spécifiée est utilisée comme adresse source dans le mécanisme de détection d'adresse double (DAD)

8.3.2. Adresses de multidiffusion (multicast) :

Une adresse de multidiffusion est une adresse qui permet à un périphérique de communiquer avec un ou plusieurs périphériques de manière simultanée.

Il existe plusieurs types d'adresse de multidiffusion :



Toutes les adresses de multidiffusion font partie de la plage : **FF00::/8**

ADRESSES ATTRIBUÉES :

- ➔ À tous les nœuds IPv6 : **FF02::1**
- ➔ À tous les routeurs IPv6 : **FF02::2**
- ➔ OSPFv3 : **FF02::5** et **FF02::6**
- ➔ RIPng : **FF02::9**
- ➔ EIGRPv6 : **FF02::A**

ADRESSE DU NŒUD SOLLICITÉ :

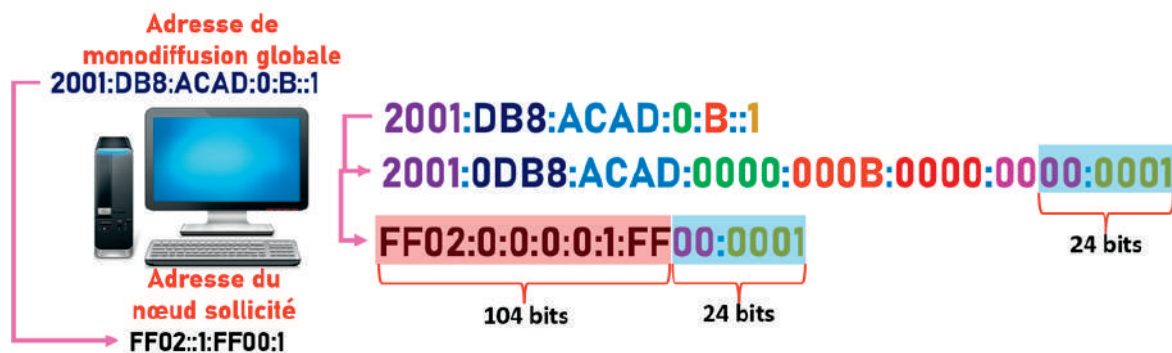
Les adresses du nœud sollicité sont utilisées par le protocole NDP pour deux mécanismes essentiels :

- ➔ La résolution d'adresses (Comme ARP en IPv4)
- ➔ La détection des adresses en double (DAD)

Calcul de l'adresse du nœud sollicité :

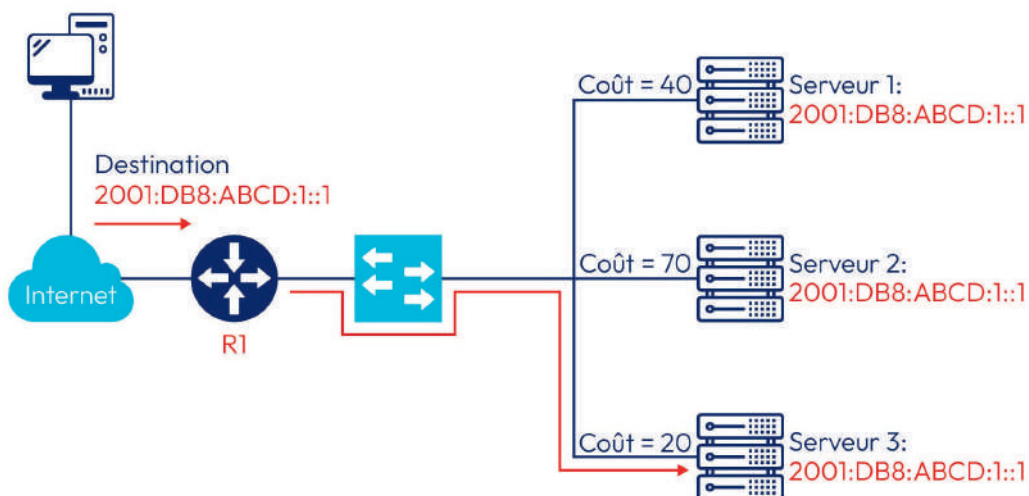
- ➔ Le **préfixe** de l'adresse du nœud sollicité est : **FF02:0:0:0:1:FF00::/104**
- ➔ Les **24 bits moins significatifs** : ces bits sont copiés à partir des 24 bits de l'extrême droite de l'adresse de monodiffusion globale ou de l'adresse locale unique de l'appareil.

Exemple :



8.3.3. Adresses Anycast :

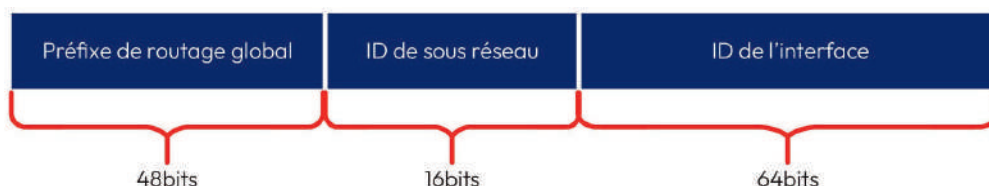
- ➔ Une adresse Anycast peut être affectée à plusieurs périphériques.
- ➔ Un paquet envoyé à une adresse Anycast est routé vers le périphérique le plus proche.



8.4. Segmentation et configuration IPv6 :

8.4.1. Segmentation IPv6 :

On utilise ce schéma pour le découpage en sous-réseaux IPv6 :



Exemple :

Considérons le préfixe de routage global **2001:0DB8:ACAD::/48**

La liste des sous-réseaux :

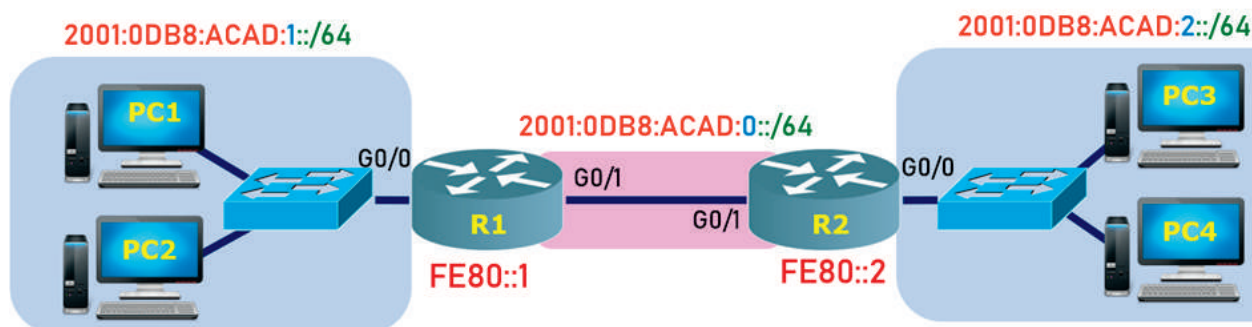
- ➔ 2001:0DB8:ACAD:0
- ➔ 2001:0DB8:ACAD:1
- ➔ 2001:0DB8:ACAD:2
- ➔ 2001:0DB8:ACAD:FFFF

2001:0DB8:ACAD:	0000	/64
2001:0DB8:ACAD:	0001	/64
2001:0DB8:ACAD:	0002	/64
2001:0DB8:ACAD:	0003	/64



2001:0DB8:ACAD:	FFFE	/64
2001:0DB8:ACAD:	FFFF	/64

8.4.2. Configuration IPv6 :



PLANIFICATION DE L'ADRESSAGE IPV6 :

Pour le sous-réseau **2001:0DB8:ACAD:0::/64**

PÉRIPHÉRIQUES	INTERFACES	ADRESSE IPV6
R1	G0/1	2001:0DB8:ACAD:0::1/64
R2	G0/1	2001:0DB8:ACAD:0::2/64

Pour le sous-réseau **2001:0DB8:ACAD:1::/64**

PÉRIPHÉRIQUES	INTERFACES	ADRESSE IPV6	PASSERELLE PAR DÉFAUT
R1	G0/0	2001:0DB8:ACAD:1::1/64	-
PC1	Fe	2001:0DB8:ACAD:1::2/64	FE80::1 Link-Local
PC2	Fe	2001:0DB8:ACAD:1::3/64	FE80::1 Link-Local

Pour le sous-réseau **2001:0DB8:ACAD:2::/64**

PÉRIPHÉRIQUES	INTERFACES	ADRESSE IPV6	PASSERELLE PAR DÉFAUT
R2	G0/1	2001:0DB8:ACAD:2::1/64	-
PC3	Fe	2001:0DB8:ACAD:2::2/64	FE80::2 Link-Local
PC4	Fe	2001:0DB8:ACAD:2::3/64	FE80::2 Link-Local

CONFIGURATION DES ADRESSES IPV6

Sous réseau 2001:0DB8:ACAD:0::/64

Au niveau de R1 :

```
R1(config)#interface GigabitEthernet0/1
R1(config-if)#ipv6 address 2001:DB8:ACAD::1/64
R1(config-if)#ipv6 address FE80::1 link-local
R1(config-if)#no shutdown
```

Au niveau de R2 :

```
R2(config)#interface GigabitEthernet0/1
R2(config-if)#ipv6 address 2001:DB8:ACAD::2/64
R2(config-if)#ipv6 address FE80::2 link-local
R2(config-if)#no shutdown
```

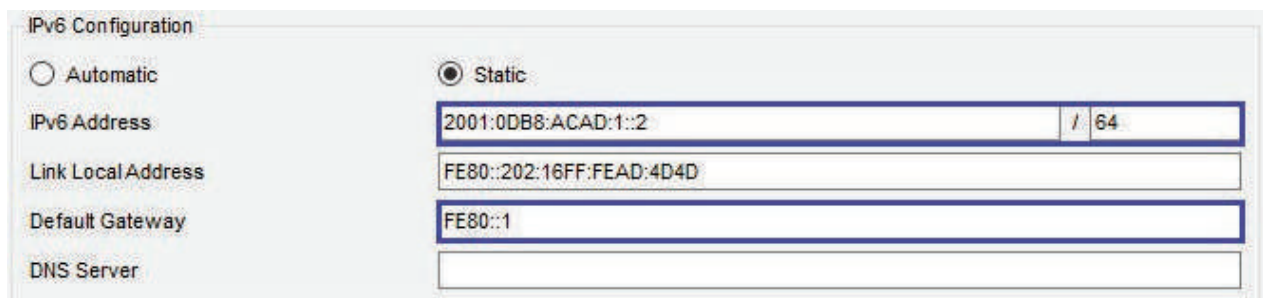
Sous réseau 2001:0DB8:ACAD:1::/64 :

Au niveau de R1 :

```
R1(config)#interface GigabitEthernet0/0
R1(config-if)#ipv6 address 2001:0DB8:ACAD:1::1/64
R1(config-if)#ipv6 address FE80::1 link-local
R1(config-if)#no shutdown
```

Au niveau de PC1 :

DESKTOP → IP CONFIGURATION → IPV6 CONFIGURATION



IPv6 Configuration

☐ Automatic ☒ Static

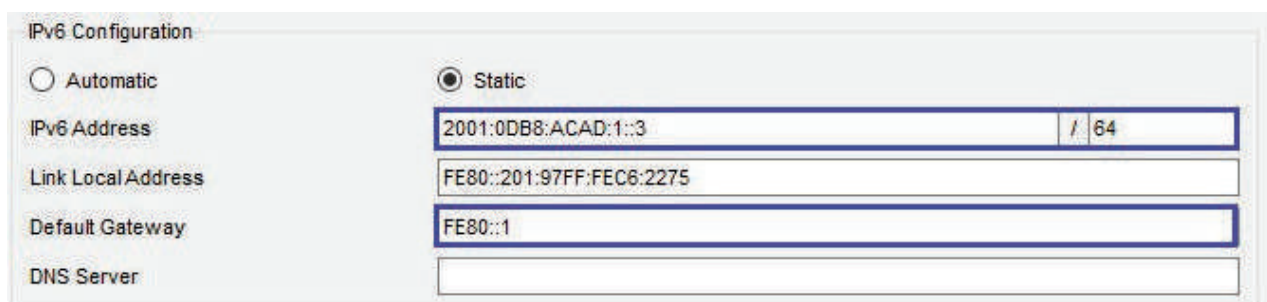
IPv6 Address: 2001:0DB8:ACAD:1::2 / 64

Link Local Address: FE80::202:16FF:FEAD:4D4D

Default Gateway: FE80::1

DNS Server:

Au niveau de PC2 :



IPv6 Configuration

☐ Automatic ☒ Static

IPv6 Address: 2001:0DB8:ACAD:1::3 / 64

Link Local Address: FE80::201:97FF:FEC6:2275

Default Gateway: FE80::1

DNS Server:

Sous réseau 2001:0DB8:ACAD:2::/64 :

Au niveau de R2 :

```
R2(config)#interface GigabitEthernet0/0
R2(config-if)#ipv6 address 2001:0DB8:ACAD:2::1/64
R2(config-if)#ipv6 address FE80::2 link-local
R2(config-if)#no shutdown
```

Au niveau de PC3 :

IPv6 Configuration	
<input type="radio"/> Automatic	<input checked="" type="radio"/> Static
IPv6 Address	2001:0DB8:ACAD:2::2 / 64
Link Local Address	FE80::20A:F3FF:FE27:C221
Default Gateway	FE80::2
DNS Server	

Au niveau de PC4 :

IPv6 Configuration	
<input type="radio"/> Automatic	<input checked="" type="radio"/> Static
IPv6 Address	2001:0DB8:ACAD:2::3 / 64
Link Local Address	FE80::204:9AFF:FE9C:9C61
Default Gateway	FE80::2
DNS Server	

Pour conclure :

La transition vers IPv6 est en cours, de plus en plus d'entreprises et d'organisations adoptent l'IPv6 pour leur infrastructure de réseau.

Il est donc important de comprendre les concepts liés à IPv6 et d'être prêts à travailler avec les adresses IPv6 pour votre future carrière en tant qu'administrateur ou ingénieur réseau.

Et enfin, comme pour l'IPv4, il est fortement recommandé de s'entraîner à utiliser des outils de calcul d'adresses IPv6, ainsi que de pratiquer la configuration des réseaux en utilisant IPv6.