

# ipv6

MARK RODERICK

## IPv6 — Cours complet

### Infos

**Filière** : BTS SIO — option SISR

**Établissement** : Lycée Robert Schuman, Metz

**Tags** : [#réseau](#) [#protocole](#) [#IPv6](#) [#sécurité](#) [#VLAN](#) [#BTS-SIO](#)

## 1. Pourquoi IPv6 ?

IPv4 (32 bits) → ~4,3 milliards d'adresses, **épuisées depuis 2011**.

IPv6 (128 bits) →  **$3,4 \times 10^{38}$  adresses**.

Avantage	Description
Espace d'adressage	340 undécillions d'adresses
Suppression du NAT	Chaque hôte a une vraie IP publique routable
Auto-configuration	SLAAC — pas besoin de DHCP pour l'adresse
Plus de broadcast	Remplacé intégralement par le <b>multicast</b>
En-tête simplifié	Taille <b>fixe 40 octets</b> (IPv4 : 20–60 variable)
IPsec natif	Intégré à la conception (AH + ESP)

### ⚠ À retenir

En IPv6, le DHCP ne sert **plus** à attribuer les adresses — uniquement à transmettre des options (DNS, NTP...). C'est le routeur via RA qui donne le préfixe.

## 2. Notation et structure

Une adresse IPv6 = **128 bits** en 8 groupes de 4 hex séparés par :

2001:0db8:85a3:0000:0000:8a2e:0370:7334

## Structure d'une adresse unicast globale

|← 48 bits →|← 16 bits →|← 64 bits —————→|  
Préfixe           SLA/VLAN       Interface ID  
(opérateur)   (subnet)       (hôte / EUI-64)

## Règles de compression

Règle	Avant	Après
Supprimer zéros en tête de groupe	0042	42
Suite de 0000 → :: (une seule fois)	2001:0db8:0000:0000:0001	2001:db8::1

### Warning

:: ne peut apparaître **qu'une seule fois** dans une adresse.

## Adresses spéciales

Adresse	Équivalent IPv4	Usage
::1/128	127.0.0.1	Loopback
::/128	0.0.0.0	Non spécifiée (initialisation)
fe80::/10	—	Link-local, auto-configurée, non routable
ff02::1	Broadcast	Multicast tous les nœuds du lien
ff02::2	—	Multicast tous les routeurs du lien

## 3. Types et plages d'adresses

Préfixe	Type	Usage
2000::/3	Unicast global	Routé sur Internet
fc00::/7	ULA (Unique Local)	Réseau privé ≈ RFC 1918
fe80::/10	Link-local unicast	Lien local uniquement, non routé
ff00::/8	Multicast	Groupes multicast

Préfixe	Type	Usage
::1/128	Loopback	Localhost
2001:db8::/32	Documentation	Exemples / RFC — non routé
64:ff9b::/96	NAT64	Traduction IPv4 ↔ IPv6

## Types de communication

Type	Description
<b>Unicast</b>	1 émetteur → 1 destinataire
<b>Multicast</b>	1 émetteur → groupe (remplace le broadcast)
<b>Anycast</b>	1 émetteur → le nœud le plus proche du groupe

### ⚡ Broadcast supprimé

Le broadcast **n'existe plus** en IPv6 — tout passe par le multicast.

## 4. Auto-configuration — SLAAC & EUI-64

### Processus SLAAC

Étape	Action
1	Génère adresse link-local <code>fe80::/10</code> + Interface ID
2	<b>DAD</b> — Duplicate Address Detection via NS multicast
3	Envoie Router Solicitation (RS) vers <code>ff02::2</code>
4	Routeur répond avec Router Advertisement (RA) → préfixe /64
5	Hôte concatène préfixe + Interface ID → <b>adresse globale</b>
6	Option : RDNSS dans le RA pour obtenir les DNS (RFC 8106)

### Génération EUI-64 (Interface ID depuis MAC)

Étape	Action	Exemple
1 — Diviser	Couper la MAC en 2 moitiés	FC:99:47   75:CE:E0
2 — Insérer	Insérer FF:FE au milieu	FC:99:47:FF:FE:75:CE:E0

Étape	Action	Exemple
3 — Inverser	Inverser le 7e bit (bit U/L)	FE:99:47:FF:FE:75:CE:E0

### ⚠ EUI-64 déprécié

EUI-64 révèle le fabricant et le numéro de série de la carte réseau. Les systèmes modernes génèrent un ID **aléatoire temporaire** — RFC 8981 (privacy extensions).

## 5. En-tête IPv6

Taille **fixe** : 40 octets (vs 20–60 octets pour IPv4).

Champ	Bits	Rôle
Version	4	Toujours 6
Traffic Class	8	QoS / DSCP ≈ ToS IPv4
Flow Label	20	Identifie un flux (QoS, load balancing)
Payload Length	16	Taille données + extension headers
Next Header	8	Protocole suivant (ou extension header)
Hop Limit	8	TTL — décrémenté à chaque routeur
Source Address	128	Adresse source
Destination Address	128	Adresse destination

### Supprimé par rapport à IPv4

Supprimé	Raison
Checksum de l'en-tête	Délégué aux couches transport (TCP/UDP)
Fragmentation par les routeurs	Uniquement à la source — Path MTU Discovery obligatoire
Options intégrées	Remplacées par les extension headers chaînés
Broadcast	Remplacé par le multicast

## 6. NDP — Neighbor Discovery Protocol

NDP (RFC 4861) **remplace ARP** en IPv6. Utilise ICMPv6 + multicast.

Message ICMPv6	Type	Rôle
Router Solicitation (RS)	133	Hôte → routeurs : demande d'annonce
Router Advertisement (RA)	134	Routeur → hôtes : préfixes + paramètres
Neighbor Solicitation (NS)	135	≈ ARP Request
Neighbor Advertisement (NA)	136	≈ ARP Reply
Redirect	137	Optimisation de route

### Commande utile

```
ip -6 neigh show — affiche le cache NDP (≈ arp -n en IPv4)
```

## 7. Sécurité IPv6

### Menaces principales

Menace	Description	Contre-mesure
<b>RA Spoofing</b>	Faux Router Advertisement → MITM	RA Guard (RFC 6105)
<b>NDP Spoofing</b>	Usurpation cache voisin ≈ ARP poisoning	SeND, inspection
<b>DAD DoS</b>	Spam NS pour bloquer la config d'adresse	SeND, limiter NS rate
<b>Fragmentation</b>	Fragments superposés → bypass firewall	Filtrer fragments anormaux
<b>Tunnel non contrôlé</b>	Teredo/6to4/ISATAP bypassent le firewall	Désactiver si inutilisé
<b>EH abuse</b>	Extension Headers malformés → DoS routeurs	Filtrage EH, RFC 9098

### Bonnes pratiques pare-feu

- Activer **RA Guard** sur tous les ports d'accès
- Activer **DHCPv6 Shield** pour bloquer les serveurs DHCPv6 rogue
- Autoriser ICMPv6 types essentiels : 1, 2, 3, 4, 128, 129, 133–137
- Bloquer **Routing Header type 0** (déprécié, vulnérable)
- Filtrer les adresses source non routables en entrée : fe80::/10, fc00::/7, ::1, ::

- Appliquer les ACL IPv6 **en parallèle** des ACL IPv4 (oubli fréquent !)
- Désactiver Teredo / 6to4 / ISATAP si non utilisés (Windows les active par défaut)
- Surveiller les tunnels IPv6-in-IPv4 (proto 41)

## 8. IPv6 et VLANs

Chaque VLAN = un sous-réseau /64 distinct.

Avec un préfixe /48 opérateur → **65 536 sous-réseaux /64** disponibles.

### Exemple de découpage avec 2001:db8:1234::/48

VLAN	Nom	Sous-réseau IPv6
10	Servers	2001:db8:1234:0010::/64
20	Users	2001:db8:1234:0020::/64
30	IoT	2001:db8:1234:0030::/64
40	Management	2001:db8:1234:0040::/64
99	DMZ	2001:db8:1234:0099::/64

## Modes d'attribution d'adresses par VLAN

Mode	Mécanisme	Remarque
SLAAC	RA contient le préfixe	Adresse auto, préfixe différent par VLAN
DHCPv6 Stateless	SLAAC + options DHCP (DNS...)	Serveur commun ou par VLAN
DHCPv6 Statefull	Attribution complète ≈ DHCPv4	Scopes distincts par VLAN
DHCPv6-PD	Délégation de préfixe CPE	Opérateur délègue /48 ou /56

## 9. Transition IPv4 → IPv6

Mécanisme	Principe	Statut
Dual Stack	IPv4 + IPv6 simultanément	✓ Recommandé
NAT64 + DNS64	Traduction IPv6 ↔ IPv4	✓ Déployé
DS-Lite	IPv4-in-IPv6 pour FAI	✓ FAI français

Mécanisme	Principe	Statut
464XLAT	CLAT + PLAT pour mobiles	✓ Réseaux mobiles
MAP-T / MAP-E	Mapping stateless IPv4/IPv6	✓ FAI
6to4 (RFC 3056)	Tunnel automatique anycast	✗ Déprécié
Teredo	Tunnel UDP NAT traversal	⚠ Risque sécurité
ISATAP	Tunnel intra-site	⚠ Déprécié

### 📘 Happy Eyeballs (RFC 8305)

Le client tente IPv6 et IPv4 en quasi-simultané (délai 250 ms) et utilise la première connexion établie. Transition **transparente** pour l'utilisateur.

## 10. Commandes utiles

### Linux / iproute2

```
# Adresses IPv6
ip -6 addr show

# Table de routage
ip -6 route show

# Cache NDP (≈ arp -n)
ip -6 neigh show

# Ping
ping6 2001:db8::1
ping6 ff02::1%eth0          # multicast sur interface

# Traceroute
traceroute6 2001:db8::1

# Activer le routage IPv6
sysctl -w net.ipv6.conf.all.forwarding=1

# Désactiver privacy extensions
sysctl -w net.ipv6.conf.all.use_tempaddr=0
```

### Cisco IOS / IOS-XE

```

! Activer le routage IPv6
ipv6 unicast-routing

! Configurer une interface
interface GigabitEthernet0/0
  ipv6 address 2001:db8:1::1/64
  ipv6 address fe80::1 link-local
  ipv6 nd ra-interval 30

! RA Guard
ipv6 nd rguard policy CLIENT
  device-role host
interface GigabitEthernet0/1
  ipv6 nd rguard attach-policy CLIENT

! DHCPv6 pool
ipv6 dhcp pool VLAN10
  address prefix 2001:db8:1::/64
  dns-server 2001:db8:ff::53

! Route par défaut
ipv6 route ::/0 2001:db8::254

! Vérification
show ipv6 interface brief
show ipv6 neighbors
show ipv6 route

```

## 11. RFC de référence

RFC	Sujet
<b>8200</b>	Spécification IPv6 (remplace RFC 2460)
<b>4291</b>	Architecture d'adressage IPv6
<b>4861</b>	NDP — Neighbor Discovery
<b>4862</b>	SLAAC
<b>8981</b>	Privacy Extensions (remplace RFC 4941)
<b>3971</b>	SeND — Secure Neighbor Discovery
<b>6105</b>	RA Guard
<b>4301</b>	Architecture IPsec
<b>4302</b>	AH — Authentication Header
<b>4303</b>	ESP — Encapsulating Security Payload

<b>RFC</b>	<b>Sujet</b>
<b>8402</b>	Segment Routing Architecture
<b>9098</b>	Sécurité des extension headers
<b>8305</b>	Happy Eyeballs v2
<b>7217</b>	Adresses stables sans EUI-64