

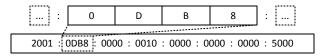
- + Quasi infinité d'adresses (comparé avec IPv4)
- + Optimisation des entêtes (moins de champ à analyser)
- + Fonctions optionnelles dans des extensions séparées
- + Pile IPSec intégrée directement (et obligatoire)
- + Plus besoin de NAT lorsque déployé intégralement
- + Qualité de service potentiellement plus précise (Flow Label)
- + Versatilité de la configuration dynamique des postes
- Charge réseau (minimum 40 octets au lieu de 20 pour IPv4)

## Format général des adresses (format binaire sur 128 bits)

Pr	Préfixe global (n) Subnet (m)		If ID (128-m-n)		
Plage d	Plage distribuée par l'IANA actuellement (2000:: /3)				
001	Préfixe global (45)	Subnet (16)	If ID (64)		

## Syntaxe générale

- Notation hexadécimale, de 0 (0x0) à 15 (0xF) par digit
- 8 blocs de 4 digits hexadécimaux (16 bits/2 octets chacun)
- Les deux points (':') permet la séparation des blocs.



### **Syntaxe distinctive**

:: (double ':')		- Simplifie l'écriture des adresses IPv6 - Remplace des blocs entiers de 4 zéros ('0000') - Remplace généralement le plus de bloc possibles - Ne peut apparaître qu'une fois dans une adresse		
Abréviation - 4 zéros		<ul> <li>Ne concerne que les zéros</li> <li>4 zéros ('0000') abrévié d'un simple zéro ('0')</li> <li>Si en début de bloc, peuvent être supprimés</li> <li>Jamais en fin de bloc (change l'adresse)!!</li> </ul>		
Ports		- Même syntaxe qu'en IPv4 ( <adresse>:<port>) - Confusion avec séparateur de blocs IPv6 (':') - Encadrer l'adresse IPv6 avec des crochets ('[]') - Facilite la lecture (évite les confusions)</port></adresse>		
Brut	http	:// 2001:0DB8:0000:0010:0000:0000:0000:5000 :443		
Incorrect	http	:// 2001:00B8 ::: 0010  !!   :: 5000 () 43		
Correct	http://[]2001:jjDB8: 0 :0010 :: 5000]:34			
Résultat	http://[2001: DB8: <b>0</b> : 10 <b>::</b> 5000]:443			



### IPv6 vs. IPv4

	IPv4	IPv6
Codage des adresses	32 bits	128 bits
Quantité d'adresses	~4,3 x10 <sup>9</sup>	~3,4 x10 <sup>38</sup>
Configuration	DHCP, man.	DHCP, man., auto.
Taille d'entêtes	20 – 60 octets	40 octets (fixe)
Options	Intégrées	Dans extensions
Nombre d'entêtes	12+ (options)	8 (fixe)
Qualité de service	Basique	Améliorée
Durée de vie	Période de temps	Nombre de sauts

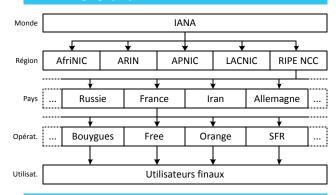
### Portée des adresses

Unicast	- Une adresse, une interface - Seule cette interface est contactée - Cas habituel	
Anycast	- Unicast associée à multiples interfaces - Une seule contactée à la fois - Redondance et partage de charge	
Multicast	<ul> <li>Multiples interfaces, adresse spécifique</li> <li>Toutes contactées simultanément</li> <li>Dépendant de la visibilité de l'adresse</li> </ul>	
Broadcast	- Toutes les entités du réseau - Toutes contactées simultanément - Déprécié dans IPv6 (Multicast)	

### Visibilité des adresses

Boucle locale (Interface-Local)	- Non routable - Ne quitte jamais l'hôte ! - Loopback/Localhost	Ostanz A N
Lien local (Link-Local)	- Non routable - Uniquement sur le lien - Connectivité de base	Distant A N Internet
Local au site (Site-Local)	- Routable localement - Ne sort jamais du site - Déprécié (cf. unique local)	Distant A N N N N N N N N N N N N N N N N N N N
Unique local (Unique-Local)	- Routable localement - Si défini : entre sites aussi - Unique globalement	Distant A N N Internet
Global	- Routable globalement - Contacter tout le réseau - Généralement : <i>Unicast</i>	Distant A N

### Attribution géographique



#### Adressage

\* Déprécié

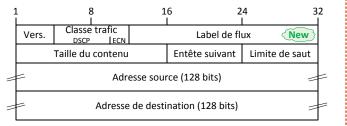
Туре	Notation IPv6	IPv4
Indéfini	:: /128	0.0.0.0 /32
Boucle locale	::1 /128	127.0.0.1 /32
Multicast	FF00:: /8	224.0.0.0 /4
Anycast	Unicast, multiples hôtes	192.88.99.0 /24
Unicast de lien local	FE80:: /10	169.254.0.0 /16
Unicast de site	FEC0:: /10 *	N/A
Unicast unique locale	FC00::/7	10.0.0.0 /8 172.16.0.0 /12 192.168.0.0 /16
Unicast global	Toutes les autres adresse	es, dont
Distribuées	2000:: /3	Intégralité
Réservées (docs)	2001:DB8:: /32	192.0.2.0 /24
Tunnel 6to4	2002:: /16	N/A
IPv4-embedded	Préfixe v6 $V4 \text{ ou } 0 \text{ ou } \emptyset$ Bits $32-64,96$ $64:\text{FF9B::} /96 \rightarrow 64:\text{FF9B}$	64 72

## Différentes configuration d'adresses

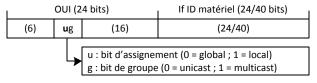
SLAAC (auto-conf.)	Approche standard	- ID basé sur le <i>modified EUI-64</i> (~MAC) - Globalement unique	
	Extension de confidentialité	- ID généré aléatoirement - Renouvelé régulièrement	
	Extension de cryptographie	- ID créé depuis la clé publique de l'hôte - Globalement unique par hôte	
Configuration manuelle		- Adresses assignées manuellement - Ressources administratives conséquentes	
DHCPv6		- Approche classique depuis IPv4 - Informations complémentaires (DNS,)	



### Entête IPv6



# Auto-configuration par adresse matérielle (MAC/EUI)



- Organizational Unique Identifier (OUI, 24 bits) = constructeur
- Identifiant matériel d'interface (If ID mat., 24 ou 40 bits)
- Taille totale de 48 (les plus courantes) ou 64 bits
- Type EUI : globalement unique (bit d'assignement **u** = 0)
- Type MAC : administré localement (bit d'assignement u = 1)

Entrée	If ID IPv6 généré ( <i>Modified EUI-64</i> )		
48 bits	OUI (24)	<b>FFFE</b> (16)	If ID mat. (24)
64 bits	inverser $\mathbf{u}$ (0 $\rightarrow$ 1; 1 $\rightarrow$ 0)	If IC	) mat. (40)

## Outils et debugging

	Ping IPv6: ping -6 <adr v6=""></adr>			
	Trace route IPv6: tracert -6 <adr v6="">%<if id="" systeme=""></if></adr>			
	Affiche la table de routage locale (IPv4 et IPv6) : route PRINT			
A.	Configurer/ajouter des adresses IPv6: ifconfig eth0 inet6 add 2001:db8::2/64 ip -6 addr add 2001:db8::2/64 dev eth0	ou		
A	Ajouter une route par défaut: route -A inet6 add default 2001:db8::1 ip -6 route add default via 2001:db8::1	ou		
	<pre>Ping IPv6 : ping6 <adr_v6>%<if_id_systeme></if_id_systeme></adr_v6></pre>			
INIX	Trace route IPv6: traceroute6 <adr v6="">%<if id="" systeme=""></if></adr>			
	Affiche la table de routage locale (IPv6): routel			

### Mécanismes de transition/cohabitation

Dual Stack (client/opérateur)	- Support simultané d'IPv4 et IPv6 - Relativement aisé sur de petits réseaux - Coûteux et de longue haleine sur les gros - Consomme des adresses publiques IPv4!
6in4 (client)	- Définition du sous- protocole 41 (IPv6 dans v4) - Permet théoriquement la création de tunnels - Aucun intérêt seul (cf. 6to4 et 6rd) - Sert de base à de nombreux protocoles.
6to4 (client)	- Application du proto-41 : tunnels manuels - Relai possible vers Internet v6 - Fiabilité aléatoire (relais gérés par tierce partie) - Applicabilité et utilité au cas par cas
Teredo * (client)	- Connectivité individuelle (hôte et non réseau) - Traverse les NAT IPv4 - Utilise des relais de traduction v4-v6 - Dépendant du type de NAT et de l'infrastructure
ISATAP * (client)	- Intra-site uniquement! - Réseau local pas totalement compatible IPv6 - Connectivité IPv6 par tunneling sur réseau local - Changer l'entité limitant = meilleure solution
6rd (opérateur)	- Evolution de 6to4 avec préfixes de l'opérateur - Efficace, peu coûteux et rapide à déployer - Contrôle des CPE essentiel (compatibilité)! - Déjà déployé avec succès (France, Free/Iliad)
MPLS (opérateur)	- Protocole L2.5 : pas affecté par IP - Peut faire transiter indifféremment IPv4 ou v6 - Sauf réseau MPLS préexistant, aucun intérêt - Solution définitive et non transitoire
CGN (opérateur)	<ul> <li>Limiter l'hémorragie IPv4</li> <li>Ajouter des NAT en cœur de réseau</li> <li>Concept du <i>more of the same</i></li> <li>Accroît les problèmes de traversée de NAT</li> </ul>
NAT A+P * (opérateur)	- Partager les adresses IPv4 - Multiplexage de ports - Pas optimal : définit arbitrairement - Préjudicie les applications dépendantes du port
DS-Lite (opérateur)	<ul> <li>Maintien la connectivité IPv4 sur réseau IPv6</li> <li>Création de tunnels IPv6 contenant de l'IPv4!</li> <li>Unique NAT en cœur de réseau pour translation</li> <li>Economise les adresses publiques IPv4!</li> </ul>
NAT64 (opérateur)	- Traduction entre IPv4 et IPv6 - Similaire à un NAT traditionnel (NAT à états) - Serveurs DNS essentiels (destination + relai) - Problèmes de NAT non adressés!
IVI (opérateur)	- Traduction entre réseaux IPv4 et IPv6 - Correspondance v4/v6 la plus strict possible - Serveurs DNS essentiels (destination seulement) - Déjà déployé avec succès (Chine, CERNET)

### Comparaison de protocoles entre IPv4 et IPv6

IPv4	IPv6
ARP	ICMPv6 (Neighbor Discovery, ND)
IGMP	ICMPv6 (Multicast Listener Discovers, MLD)
DHCP / DNS	DHCPv6 / DNSv6 + DNSSec
RIPv1/RIPv2	RIPng (New Generation)
OSPFv2	OSPFv3 (OSPFIGP)
BGP4	BGP4 avec extensions (MP-BGP)

### Adresses Multicast (détails)

0xFF	ORPT (drapeaux)	Portée	ID de Groupe (112 bits)
0	4	4	112

Drapeaux S		Signi	gnification		Portée		Signification		
0000	0	Permanente,			0001	1	Boucle locale		
		gestion centrale			0010	2	Lien local		
0001	1	Tempor	Temporaire		emporaire		0100	4	Local au réseau
0011	Idem, tirée d'un				0101	5	Local au site		
		Idem, adresse de rendez-vous		+ -		1000	8	Local à l'organis.	
0111	7				1110 I	Е	Global		
FF0x::1	FF0x::1			Tous les nœuds			Portée variable (x)		
FF0x::2	FF0x::2			Tous les routeurs			Portée variable (x)		
FF02::1	FF02::1:FFxx:xxxx			Adresse solicitée			Lien local		

#### Adresses Anycast réservées

Réseau <i>EUI-64</i>	Préfix (64)	111111 <b>0</b> 11 (57)	ID (7)	
Adresse de réseau	Préfix (n)	000000 <b>0</b> 00 (128-n)		
Autres cas de figure	Préfix (n)	111111 <b>1</b> 11 (121-n)	ID (7)	

## **Enregistrement DNSv6**

Enregistrement AAAA	Contient des adresses IPv6 (4x A)			
Délégation inverse	<adr_v6_inversée></adr_v6_inversée>	.ip6.arpa		

#### Utilitaires DNS (UNIX/Linux)

Commande ip6calc	Aide à la conversion (cf. ci-dessus)		
Commande host	Renvoie enregistrements A et AAAA		
Commande dig	Paramètres libres (v4, v6, reverse)		

NEXCOM Systems – Tous droits réservés www.nexcom.fr