

# IPv6

## Principes de base, transition et applicatifs

RALL 2007

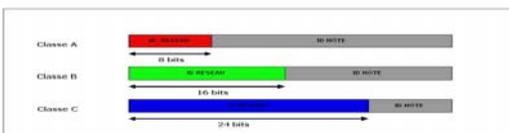
Présenté par  
Alain Patrick AINA  
Roger YERBANGA

## Contenu

- Problématique
- Introduction à IPv6
- Principales caractéristiques de IPv6
- Adressage IPv6
- Mécanismes de transition
- applicatifs

## Introduction & Problématique(1)

- IP & les réseaux
  - IP est le coeur de Intranet et d'Internet. C'est le vecteur de communication.
- Au début, IPv4 était organisé et géré en classes prédéfinies avec des plages réseau/hôte fixes (Classes A, B, C)



127 classes A de 16 777 216 machines  
16128 classes B de 65 536 machines  
2 031 616 classes C de 256 machines  
268 435 456 adresses de classe D (multicast)  
Le reste ( 1/8) réservé

## Introduction & Problématique(2)

- Une politique d'allocation d'adresse IP inefficace
  - o niveau de consommation très mal maîtrisé.
  - o prévision de pénurie de classes B vers 1995
- Table de routage en croissance exponentielle
  - o allocation de classes C
  - o temps de convergence de plus en plus élevé dans les zones sans passerelle par défaut.
  - o nécessité de routeur plus performant et plus coûteux
- L'IETF inventa au milieu des années 90 l'architecture d'adressage « Classless » et le CIDR (Classless Inter Domain Routing)
- NAT mise à contribution

## Le CIDR

### ➤ Principe de longueur variable du masque réseau

- o 41.0.0.0/8, 41.10.0.0/16, 41.10.1/24
- o 41.207.177.0/19
- o Allocation sur la base du besoin réel!

### ➤ Meilleure gestion des adresses



### ➤ Statistique revue à la baisse.

- o pénurie d'allocation d'adresse IP en 2029?
- o diverses prévisions et pas de consensus dans la communauté

## Autres lacunes de IPv4

- Routage inefficace
  - o à base de l'adresse de destination
- Problème de gestion de la CoS et de la QoS
- Multicast et mobilité difficiles
- Limites des options de l'entête IPv4 (40 octets)
- Etc...

**Tout ceci associé aux prévisions de pénurie d'allocation d'adresse IP ont justifié le besoin d'une nouvelle génération de protocole IP.**

## IPv6

- Des travaux ont commencé au début des années 90 pour améliorer IP en général
  - IPng.
- Milieu 90s, IPv6 a été retenu comme nouvelle version de IP (RFC 1752) et adoption vers la fin des années 90.
- Le nouveau protocole va au-delà du problème du nombre d'adresse et s'attaque aux lacunes de IPv4

## Les caractéristiques de IPv6 (1)

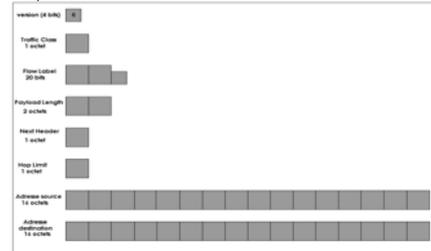
- Extension de la plage d'adressage
  - o 32 bits → 128 bits
  - o 3,4.10<sup>38</sup> possibilités d'adresses théorique
  - o Plus de niveaux d'hierarchisation
- Amélioration du routage multicast avec la notion de "scope" (étendu) aux adresses multicast.
- Mécanisme d'auto configuration intégré
  - o NDP
- Simplification du format des entêtes
  - o 40 octets

## Les caractéristiques de IPv6 (2)

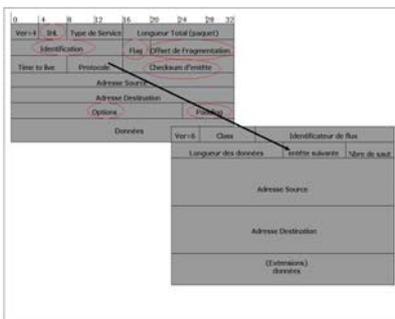
- Mobilité
  - Intégration des fonctions mobiles
- Classification des paquets
- Amélioration de la gestion des extensions et des options de paquets
  - Entête suivante (Next Header)
- Extension des fonctionnalités d'authentification et de confidentialité
  - Sécurité de Communication
  - Point à Point (pas de NAT)
  - Intégration de IPSEC dans IPv6

## Structure d'une entête IPv6

- Entête IPv6
  - Taille fixe
    - > 40 octets dont 32 sont réservés pour les adresses source et destination
    - > 8 pour les autres données



## IPv4 vs. IPv6



## Les entêtes d'extension

- L'entête d'extension de proche en proche (Hop-by-Hop)
- L'entête d'extension de routage par la source
- L'entête d'extension de fragmentation
- L'entête d'extension d'option de destination
- Les entêtes d'extension de sécurité
  - ESP: Encapsulation Security Payload
  - AH: Authentication header

## Les protocoles particuliers

- Améliorations apportées à ICMPv6 et le ND
  - o Nouveautés dans ICMPv6
    - > IGMP intégré
    - > ARP/RARP intégré (ou amélioré par la ND)
    - > Introduction de la notion de découverte de Voisinage
  - o La notion de découverte de Voisinage (ou neighbor discovery)
    - Equivalent des protocoles V4 suivants
      - ARP, ICMP router discovery et ICMP redirect
    - Plus la détection de l'état du voisin
- Distinction entre les messages d'erreur et les messages d'information
- Autoconfiguration avec le RA(Router advertisement)
  - Stateless

## Format des adresses IPv6

- Les adresses IPv6 sont codées sur 128 bits
  - o Notation hexadécimale regroupée en mot de 16 bits:
 

```

XXXXXXXX:XXXX:XXXX:XXXX:XXXX:XXXX:XXXX:XXXX
2001:0000:2ABC:0000:0000:0000:0000:0001
2001:0000:2ABC::0001
2001:0:2ABC::1
          
```

    - o Une autre type de notation résultant de la cohabitation v4/v6
 

```

x.x.x.x.x.192.168.0.2 ou ::192.168.0.2
          
```
    - o La représentation des préfixes ipv6 est similaire à celle des préfixes IPv4 en CIDR.
 

**Le préfixe d'une adresse IPv6 est représenté par la notation suivante :**

```

adresse-ipv6/longueur-de-préfixe.
          
```

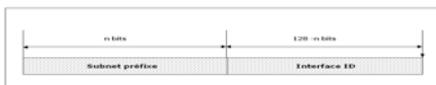
```

2001:0DB8:0:CD30::/60
          
```

## Adressage IPv6

- Plusieurs type d'adresse:
  - o adresses unicast:absolument unique
  - o adresses anycast: un à un parmi plusieurs
  - o adresses multicast: un à plusieurs
- Format des adresses IPv6
  - o n bits pour identifier le préfixe réseau
  - o 128-n bits pour identifier les interfaces

### Format des adresses IPv6



## Identifiant d'interface

- Les Identifiants d'Interfaces en adresse unicast IPv6 sont utilisés pour identifier les interfaces sur un lien.
- Ils sont censés être uniques au sein d'un sous-réseau
- Ils peuvent être aussi unique à des échelles plus étendues
- Pour toutes les adresses unicast excepté celle commençant par la valeur binaire 000, les ID d'interfaces doivent être de 64 bits, construits au format EUI-64 en inversant le bit u d'un identifiant EUI-64 .



Le « c » est le company ID et le « u » représente l'identifiant choisi par le fabricant

## Identifiant d'interface à base d'adresse MAC



- En inversant le bit u et en ajoutant les deux valeurs hexadécimal 0xfe et 0xfe



## Adressage IPv6

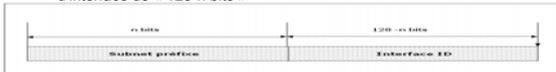
- Le type d'une adresse IPv6 est identifié par les bits de niveaux élevé de l'adresse comme ci-dessous:

Type d'adresse	Préfixe (binaire)	Notation IPv6
Non spécifiée	00...0 (128 bits)	::0/128
loopback	00...1(128 bits)	::1/128
Multicast	1111 1111	FF00::/8
lien-local Unicast	1111 1110 10	FE80::/10
Global Unicast	Tout le reste	

- :: - Adresse de type 'non spécifié'
- ::1 - Adresse 'loopback'

## Adresses Unicast

- Les adresses IPv6 unicast peuvent être agrégée avec des préfixes de longueurs variables comme en CIDR IPv4
  - Composé d'un préfixe de sous-réseau de « n » bits et d'un identifiant d'interface de « 128-n bits »



il existe plusieurs types d'adresses unicast en IPv6

- Le global Unicast
- Site-local (déprécié par RFC 4193)
- Link-local unicast
- Il y a aussi des sous-type de global unicast comme les adresses IPv4 mappé IPv6 et les adresses anycast

## Adresses lien-local

- Les adresses lien-local sont utilisées pour un lien unique. Elles ont le format ci-dessous



- Les adresses lien-local sont utilisées pour l'adressage sur un lien unique pour les besoins de configuration d'adresse automatique, la découverte des voisins ou quand aucun routeur n'est présent
- Les routeurs ne doivent pas transférer des paquets avec adresses source ou destination lien-local vers d'autres liens.

## Adresse site-local(rfc1918 en v4)

- Désormais connu sous le nom "adresse local unique» ULA
- Format d'adresse IPv6 unicast globalement unique destiné à des communications locales et entre un nombre limité de sites
- RFC 4193
- Il est au format ci-dessous



Préfixe :FC00::7

L: 1 indique que le préfixe est assigné localement

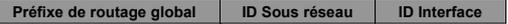
Global ID: 40 bits d'un identifiant global utilisé pour créer un préfixe globalement unique

Subnet ID: 16 bits identifiant d'un sous-réseau au niveau d'un site

Interface ID: 64 bits identifiant l'interface

## Adresses unicast globales

- Le format général pour une adresse IPv6 unicast globale est le suivant:



- Le préfixe de routage global est une valeur (structurée de façon hiérarchique) assignée à un site (cluster de sous-réseaux et de liens)
- Pour toutes les adresses unicast global excepté celle commençant par la valeur binaire 000 ont une interface ID sur 64 bits.

## Adresses d'encapsulation IPv4/IPv6

- Adresses IPv4 mappé IPv6
  - o Pour représenter des noeuds uniquement IPv4.Utiliser exclusivement par les noeuds IPv6 pour les contacter



## Multicast

- Le format général pour une adresse IPv6 multicast est le suivant:



- o 4 bits → 'flag'
  - > le premier bit est réservé (toujours à 0); pour le deuxième et le troisième bit voir RFC 3306 et 3956
  - > Dernier T: 0: validité permanente 1: temporaire
- o 4 bits → 'scope'
  - > 0: réservé
  - > 1: Etendu interface-local
  - > 2: Etendu lien-local
  - > 3: réservé
  - > 4 Etendu Admin-local
  - > 5: Etendu site-local
  - > 8: Etendu organisation locale
  - > E: Etendu global
  - > F: réservé

## Adresses Multicast prédéfinies

- FF01::1
- FF02::1

Adresses multicast identifiant le groupe de tous les noeuds IPv6 avec scope 1 (interface-local) ou 2 (link-local)

- FF01::2
- FF02::2
- FF05::2

Adresses multicast identifiant le groupe de tous les routeurs IPv6 avec scope 1 (interface-local), 2 (link-local), 5 (site-local).

- FF02::1:FFXX:XXXX

Adresse multicast sollicitation de noeud (Solicited Node multicast address)  
xxxxxx représente les 24 derniers bits de l'adresse unicast ou anycast

## Interopérabilité & transition

- 3 grands mécanismes de transition et d'interopérabilité
- 1- Dual-stack(double pile IPv4/IPv6),
- 2- Tunnels
  - Tunnels configurés
  - Tunnels automatiques
- 3- Techniques de translation

## Interopérabilité & transition – Dual Stack

- Technique de la double pile
  - o Communication IPv4 → IPv4
  - o Communication IPv6 → IPv6
  - o Peut nécessiter l'utilisation de différentes applications pour chaque version
  - o Le routeur de bordure doit aussi pouvoir gérer les versions du protocole

## Interopérabilité & transition – Tunneling (encapsulation)

- Infrastructure de base IPv4
  - o Tunneling manuel IPv6 dans IPv4: communication avec des sites IPv6 en utilisant l'infrastructure IPv4 existante.
  - o IPv6-over-IPv4
    - RFC4213
    - RFC4891
  - o Tunneling automatique: utilisé par les noeuds IPv6 en utilisant des structures d'adressage spécifique (IPv4 compatible (::I.P.v.4), 6to4, ISATAP, tunnel broker, Teredo).

## Interopérabilité & transition – Tunneling (encapsulation)

- Infrastructure de base IPv4
  - o Tunneling manuel IPv6 dans IPv4: communication avec des sites IPv6 en utilisant l'infrastructure IPv4 existante.
  - o IPv6-over-IPv4
    - RFC4213
    - RFC4891
  - o Tunneling automatique: utilisé par les noeuds IPv6 en utilisant des structures d'adressage spécifique
    - IPv4 compatible (::l.P.v.4), 6to4, ISATAP, Teredo, etc..
    - Tunnel broker

## 6to4

- Mécanisme standard de communication entre sites IPv6 sans configuration explicite de tunneling.
  - o L'approche 6to4 a été conçue pour permettre à des sites IPv6 isolés de se connecter ensemble sans attendre que leurs FAI fournissent du transport v6
  - o Mieux adapté pour les extranets et les VPN.
  - o En utilisant des relais 6to4, les sites 6to4 peuvent aussi joindre des sites sur l'Internet IPv6
  - o Communication à travers des passerelles (routeurs) spécifiques 6to4
    - Il existe plusieurs routeurs 'public' sur Internet
  - o Encapsulation IPv6 dans IPv4. Au moins une adresse unicast public est requise
    - o 2002::/16
    - o Un préfixe anycast IPv4 a été assigné aux routeurs relais 6to4: 192.88.99.0/24



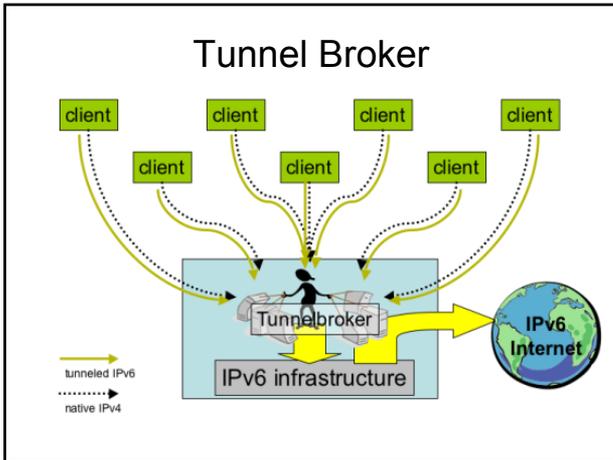
## Teredo

- Teredo(RFC 4380)
  - Un service qui permet aux machines situées derrière un ou plusieurs NAT d'obtenir une connectivité IPv6 en créant un tunnel des paquets sur UDP
  - Utilise des serveurs et relais Teredo
  - Adresse Teredo sous le préfixe 2001:0000:32
  - Section 3.2.1. Quand utiliser Teredo

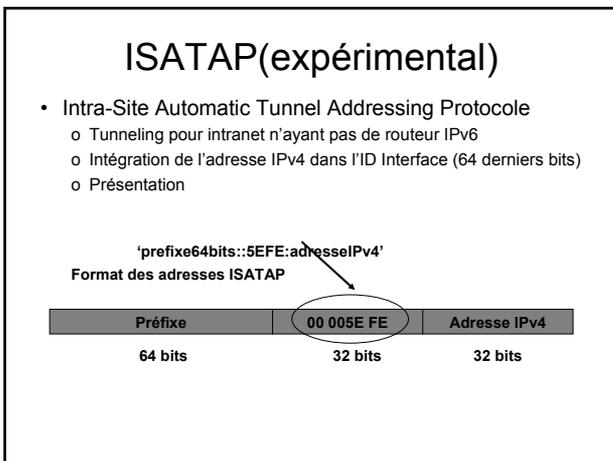
"Teredo is designed to robustly enable IPv6 traffic through NATs, and the price of robustness is a reasonable amount of overhead, due to UDP encapsulation and transmission of bubbles. Nodes that want to connect to the IPv6 Internet SHOULD only use the Teredo service as a "last resort" option: they SHOULD prefer using direct IPv6 connectivity if it is locally available, if it is provided by a 6to4 router co-located with the local NAT, or if it is provided by a configured tunnel service; and they SHOULD prefer using the less onerous 6to4 encapsulation if they can use a global IPv4 address"

## Tunnel Broker

- Tunnel Broker(RFC 3053)
  - o Tunnel Broker utilise une autre approche basée sur des serveurs dédiés appelés "Tunnel Brokers" qui gèrent automatiquement les demandes de tunnel des utilisateurs
  - o Tunnel Broker est bien adapté pour les petits sites IPv6 isolés, et spécialement les machines IPv6 isolées sur l'Internet IPv4, qui veulent se connecter à un réseau IPv6 existant
  - o Tunnel Broker permet à des FAI IPv6 de facilement gérer les contrôles d'accès des utilisateurs, renforçant ainsi leur politique sur l'utilisation des ressources réseau



- ## Tunnel Broker
- La configuration automatique est généralement assurée par du Tunnel Setup Protocol (TSP), ou du TIC (Tunnel Information Control protocol).
  - Un client capable de ceci est le AICCU (Automatic IPv6 Connectivity Client Utility)
  - Pour régler les problèmes de tunnels à travers le NAT
    - Utiliser la DMZ du NAT comme terminaison de tunnel
    - AYIYA (Anything in Anything)
    - V6-UDP-V4 tunneling protocol de Hexago
  - Le groupe de travail de l'IETF softwire essaye d'harmoniser les techniques de configuration automatique
    - <http://www.ietf.org/html.charters/softwire-charter.html>



- ## DSTM: Dual Stack Transition Mechanism
- La technique DSTM fournit une unique solution au problème de transition IPv4-IPv6. Ce mécanisme est conçu pour réduire rapidement la dépendance vis à vis du routage IPv4 et est destiné aux réseaux uniquement IPv6 où les machines ont toujours besoin occasionnellement d'échanger d'information directement avec d'autres machines ou applications IPv4.
  - L'administration du réseau est simplifiée et le besoin d'adresses globales IPv4 est réduit. DSTM peut être intégré à un Tunnel Broker IPv6 pour une intégration de sécurité plus serrée.
  - <http://www.ipv6.rennes.enst-bretagne.fr/dstm/>



## Obstacles au déploiement de IPv6

- Manques de stimulation
  - Manque de demandes des clients
  - Manque d'avantage commercial
  - Manque d'engagements du secteur public
- Manque d' information
- Coût de migration et de déploiement

## lectures

rfc1752

rfc 2460

rfc 4291

rfc 4193

[tools.ietf.org/wg/ipv6](http://tools.ietf.org/wg/ipv6)

[tools.ietf.org/wg/v6ops](http://tools.ietf.org/wg/v6ops)

<http://www.afrinic.net/IPv6/index.htm>