

Réseaux informatiques RXI

Chapitre 9 IPv6



Objectifs d'apprentissage

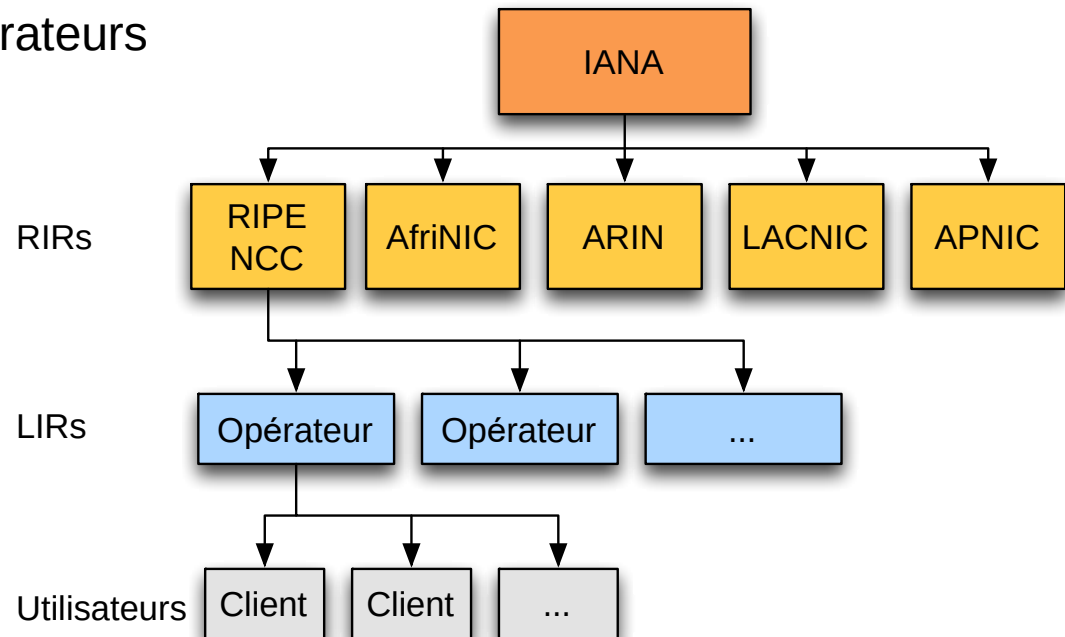
- Savoir expliquer les principales caractéristiques d'IPv6
- Savoir interpréter et utiliser des adresses IPv6 globales et locales
- Savoir reconnaître les adresses IPv6 particulières (loopback, multicast)
- Savoir expliquer la résolution d'adresses MAC en IPv6
- Savoir expliquer l'autoconfiguration d'adresses IPv6



Pénurie des adresses IPv4

Gestion des adresses IP

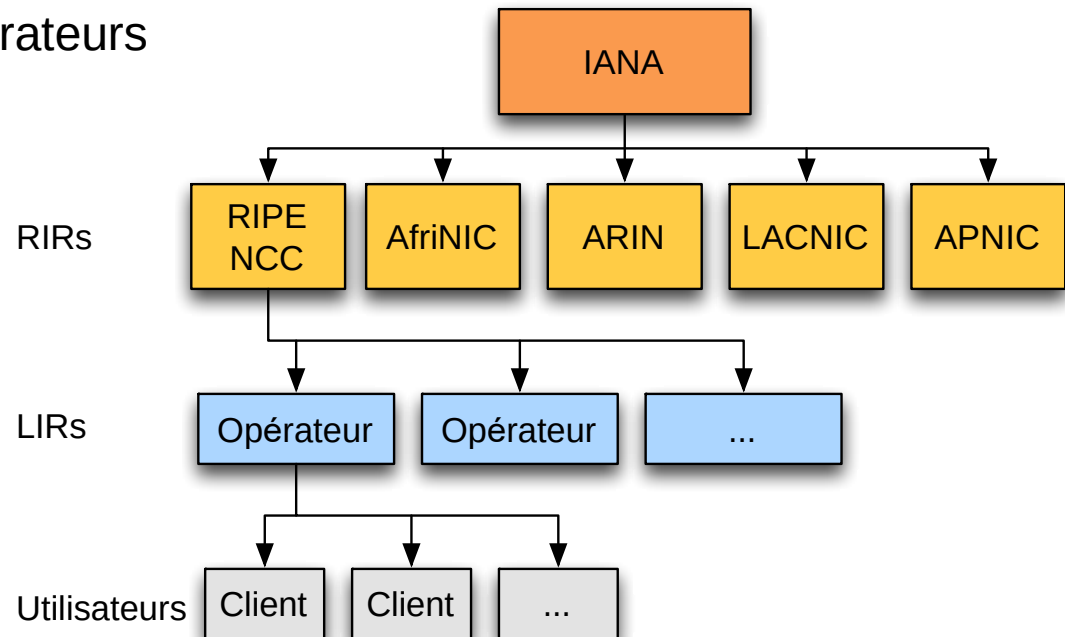
- IANA alloue des blocs d'adresses aux Registres Régionaux d'Adresses IP (RIR)
- RIPE NCC est responsable pour l'Europe. Il reçoit les blocs d'adresses d'IANA
- RIPE NCC alloue des blocs d'adresses aux Registres Internet Locaux LIR qui sont typiquement des opérateurs comme Swisscom
- Les opérateurs allouent les adresses à leurs clients ou d'autres organisations



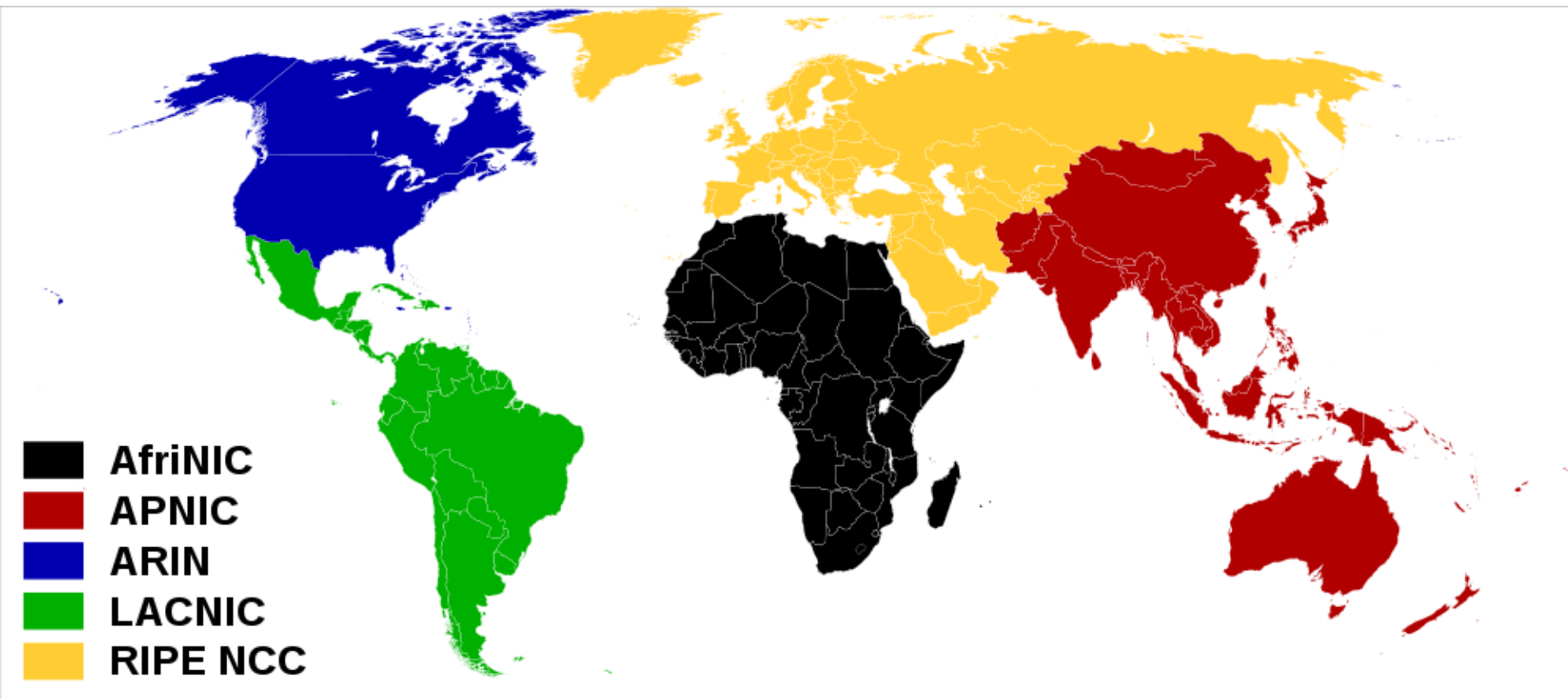
Pénurie des adresses IPv4

Gestion des adresses IP

- IANA alloue des blocs d'adresses aux Registres Régionaux d'Adresses IP (RIR)
- RIPE NCC est responsable pour l'Europe. Il reçoit les blocs d'adresses d'IANA
- RIPE NCC alloue des blocs d'adresses aux Registres Internet Locaux LIR qui sont typiquement des opérateurs comme Swisscom
- Les opérateurs allouent les adresses à leurs clients ou d'autres organisations



Les RIRs

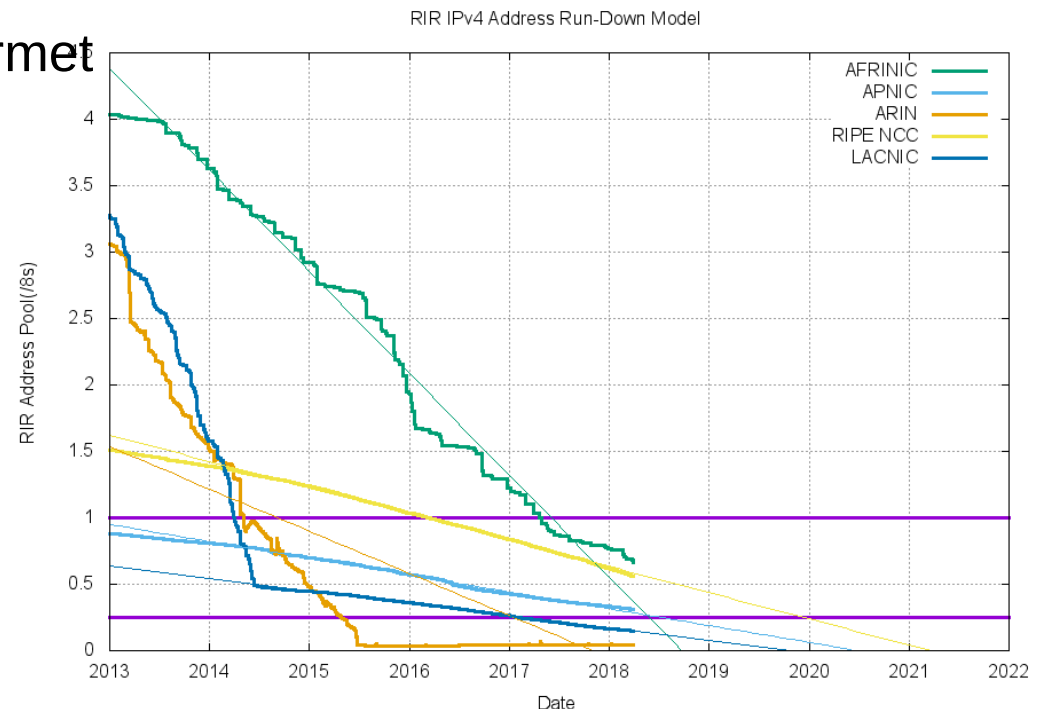


Source: Wikipédia



Disponibilités des adresses IPv4

- IANA a alloué les derniers blocs /8 aux RIR en février 2011
- RIPE NCC a alloué le dernier bloc /8 en septembre 2012
 - Il dispose encore d'un demi-bloc /8 qui permet de distribuer 8'000 blocs de /22 (1024 adresses par bloc) aux LIR
- Les LIR ont encore quelques réserves d'adresses IPv4



Utilisation d'IPv6

- Statistiques de Swisscom (juin 2015)
 - 20% du trafic utilise déjà IPv6
 - 67% des clients pourraient utiliser IPv6
- Tous les équipements récents (ordinateurs, smartphones, tablettes, imprimantes, ...) sont capables d'utiliser IPv6
- Notamment les réseaux mobiles 4G (LTE) vont de plus en plus utiliser IPv6



IPv6

- La nouvelle version du protocole IP
 - Début du développement en 1990

Objectifs

- Fournir suffisamment d'adresses, même avec une allocation très inefficace
- Rendre plus efficace le traitement des paquets par les routeurs
- Mieux structurer les protocoles annexes à IP (ICMP, ARP, ...)
- Rendre le protocole plus évolutif
- Réduire la croissance des tables de routage
- Permettre la mobilité des utilisateurs (IP Mobile)
- Mieux intégrer les services de sécurité (IPSec)
- Permettre une coexistence entre IPv4 et IPv6



Survol des caractéristiques principales d'IPv6

1. Adresses sur 128 bits au lieu de 32 bits dans IPv4
2. En-tête simplifié
 - Nombre de champs réduit à la moitié
3. Pas de fragmentation par les routeurs
4. Extensibilité de l'en-tête par des options
5. Nouvelles fonctionnalités
 - Autoconfiguration d'adresses des machines (sans DHCP)
 - Découverte de la MTU le long d'une route
6. ARP, ICMP, IGMP remplacés par ICMPv6



Adressage IPv6

- Adresses sur 128 bits (16 octets)
 - Selon des calculs très pessimistes, plus de 1000 adresses par m² de la surface de la terre
- Une interface a plusieurs adresses
 - Interface locale de lien
 - Interface globale

```
student@ubuntu:~$ ifconfig
eth0      Link encap:Ethernet  HWaddr 00:0c:29:76:85:6b
          inet addr:192.168.2.106  Bcast:192.168.2.255  Mask:255.255.255.0
          inet6 addr: 2001:5c0:150f:e00:20c:29ff:fe76:856b/64 Scope:Global
          inet6 addr: fe80::20c:29ff:fe76:856b/64 Scope:Link
          UP BROADCAST RUNNING MULTICAST  MTU:1500  Metric:1
          RX packets:3476 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
          TX packets:323 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
          collisions:0 txqueuelen:1000
          RX bytes:361472 (361.4 KB)  TX bytes:42719 (42.7 KB)
          Interrupt:19 Base address:0x2000
```



Notation des adresses IPv6

- Notation

- 8 groupes de 4 chiffres hexadécimaux, séparés par ‘:’
- Exemple: 2001:AB75:4345:4A45:AF3F:3255:F431:A44B

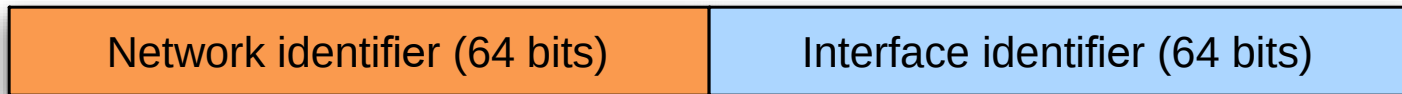
- Simplifications

- Les premiers 0 d’un groupe peuvent être omis:
 - A12 au lieu de 0A12
- Plusieurs groupes 0 peuvent être remplacés par ‘::’
 - 2010:0:0:0:800:200C:2342 → 2010::800:200C:2342
 - 0:0:0:0:0:0:0:1 → ::1



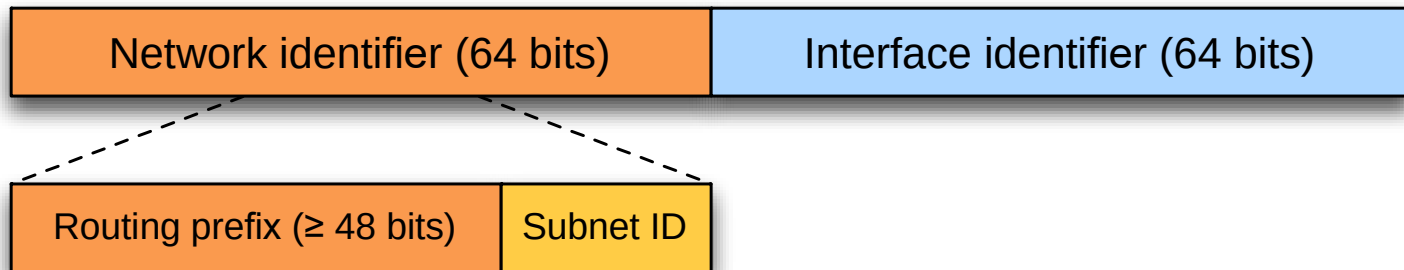
Structure des adresses IPv6

- Comme les adresses IPv4, les adresses IPv6 ont deux parties
 - Préfixe de réseau: 64 bits
 - Identificateur de machine: 64 bits



Structure des adresses IPv6

- Comme les adresses IPv4, les adresses IPv6 ont deux parties
 - Préfixe de réseau: 64 bits
 - Identificateur de machine: 64 bits

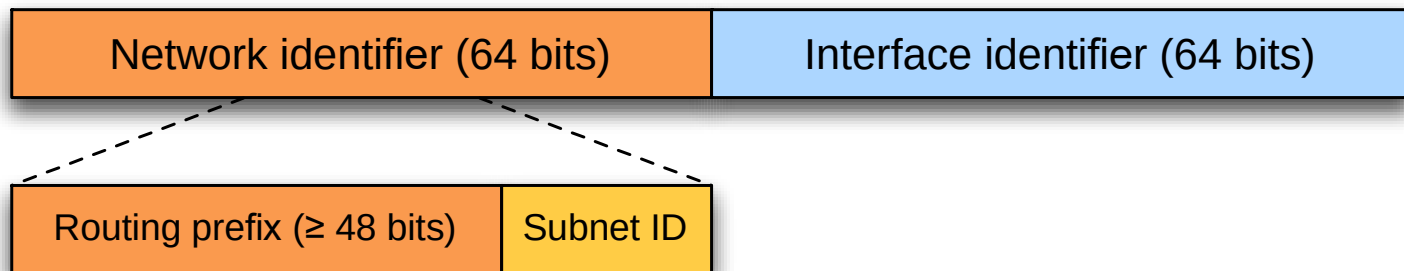


- L'identificateur réseau peut contenir un identificateur de sous-réseaux



Adresses globales

- Pour communiquer sur Internet, l'interface nécessite une adresse unicast globale (=publique)
- Format



– Exemple:

- **2001:123:12:1AA0:1:2:3:4**
- Préfixe de routage alloué par l'ISP: **2001:123:12:: /48**
- Identificateur du sous-réseau: **...1AA0... (16 bits)**
- Identificateur de l'interface : **::1:2:3:4 (64 bits)**



Allocation des préfixes de routage

Politique d'allocation typique

- IANA donne aux RIRs des blocs de /12 à /23
 - Les RIRs donnent aux LIRs des blocs de /19 à /32
 - Les LIRs donnent aux clients des blocs de /48 à /56
 - L'utilisateur dispose de 8 – 16 bits pour créer des sous-réseaux s'il veut
-
- Actuellement, uniquement les préfixes 2000::/3 sont alloués
 - Préfixes 2000:: - 3FFF:: de toutes les adresses globales utilisables actuellement
 - Un huitième de l'espace d'adressage total



Adresses locales de lien

- Une interface IPv6 peut avoir plusieurs adresses
 - Une adresse locale de lien (obligatoire)
 - Pour la communication à l'intérieur de son LAN ('lien')
 - Sans traverser un routeur
 - Une adresse unicast globale (optionnelle)
 - Pour la communication sur Internet
- Format des adresses locales de lien
 - Préfixe FE80::/64
 - Exemple : FE80::12:34FF:FEAB:CDEF



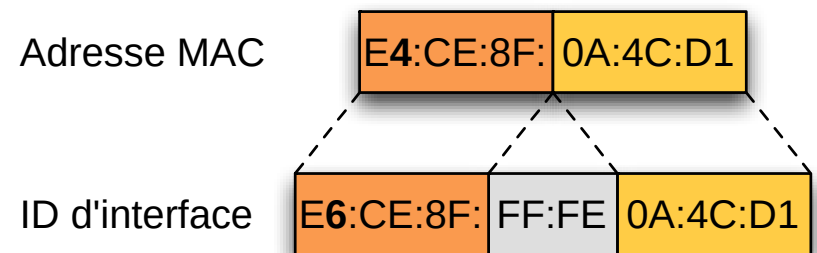
Adresses locales de lien

- Une interface IPv6 peut avoir plusieurs adresses
 - Une adresse locale de lien (obligatoire)
 - Pour la communication à l'intérieur de son LAN ('lien')
 - Sans traverser un routeur
 - Une adresse unicast globale (optionnelle)
 - Pour la communication sur Internet
- Format des adresses locales de lien
 - Préfixe FE80::/64
 - Exemple : FE80::12:34FF:FEAB:CDEF



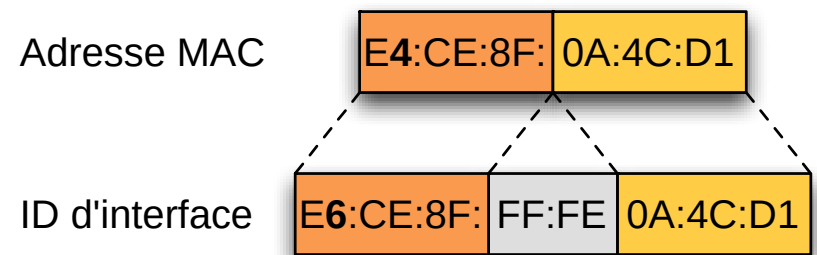
Auto-configuration de l'identificateur de l'interface

- L'ID de l'interface peut être construite automatiquement à partir de l'adresse MAC
 - Méthode **EUI-64 modifiée**
 - Prendre l'adresse MAC d'une interface
 - Ajouter FFFE au milieu
 - Inverser le deuxième bit de poids faible du premier octet



Auto-configuration de l'identificateur de l'interface

- L'ID de l'interface peut être construite automatiquement à partir de l'adresse MAC
 - Méthode **EUI-64 modifiée**
 - Prendre l'adresse MAC d'une interface
 - Ajouter FFFE au milieu
 - Inverser le deuxième bit de poids faible du premier octet
 - Permet d'identifier un utilisateur à distance via l'adresse IPv6!

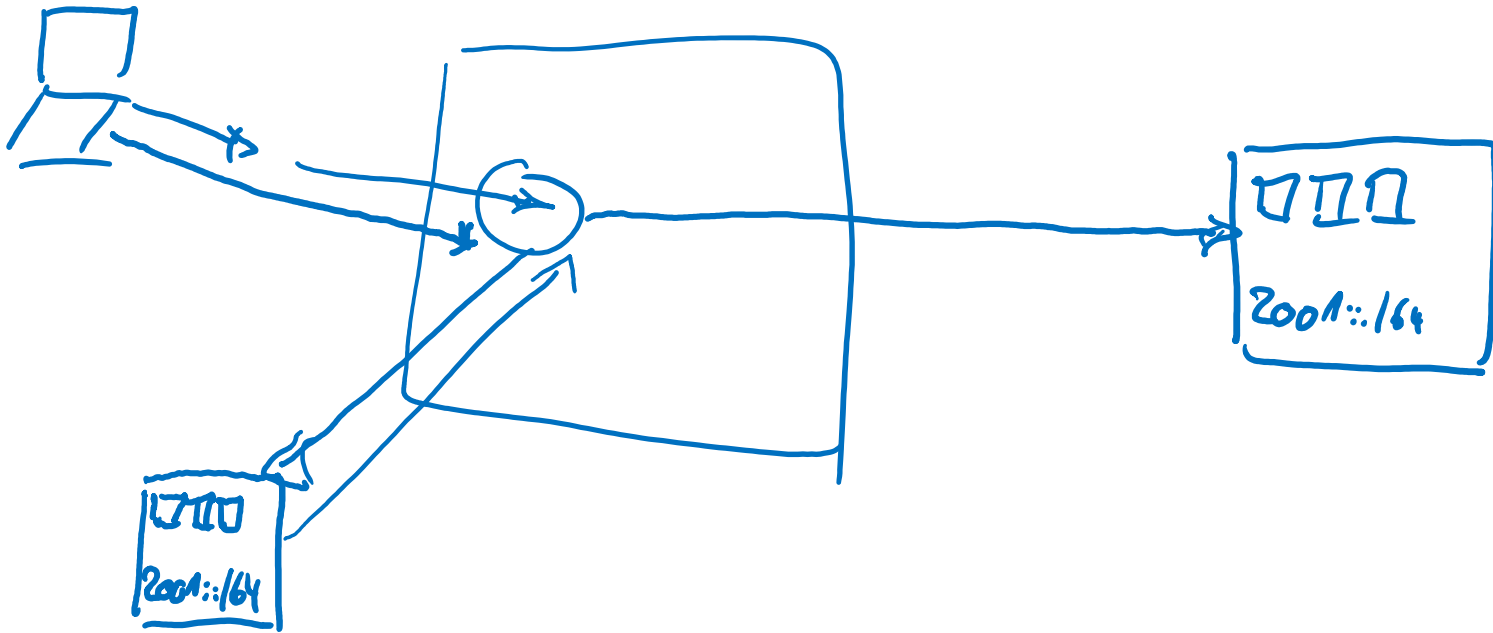


Autres adresses

Adresse	Explication
::1	Adresse de rebouclage (loopback) Similaire à 127.0.0.1 en IPv4
::	Adresse non spécifiée Similaire à 0.0.0.0 en IPv4. Utilisée si l'adresse n'est pas encore connue.
FF00::/8	Adresses multicast Par exemple FF02::1 → tous les nœuds du 'lien' (=LAN). L'adresse FF02::1 correspond à 255.255.255.255 en IPv4.
FC00::/7	Adresse locale unique Similaire aux adresses privées. Pour la communication à l'intérieure d'une organisation (non routable sur Internet).
Comme unicast globale	Adresse anycast Une adresse globale peut être assignée à plusieurs interfaces/machines. Le routage normal fait qu'un paquet avec une adresse anycast comme destination est routé vers l'interface la plus proche.

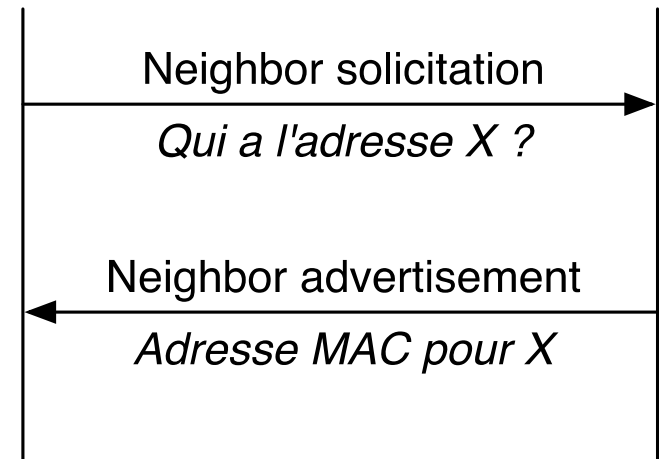


Anycast



Nouvelle fonctionnalité – Découverte de voisins

- Remplace le protocole ARP
- Utilise de nouveaux messages ICMPv6
 - Message ‘**Sollicitation de voisins**’
 - Envoyé à l’adresse multicast ‘All nodes’ du ‘lien’
 - Contient l’adresse IPv6 du nœud cherché
 - Message ‘**Annonce d’un voisin**’
 - Envoyé en réponse à la sollicitation ou spontanément
 - Contient l’adresse IPv6 et MAC du nœud



Nouvelle fonctionnalité – Autoconfiguration sans état

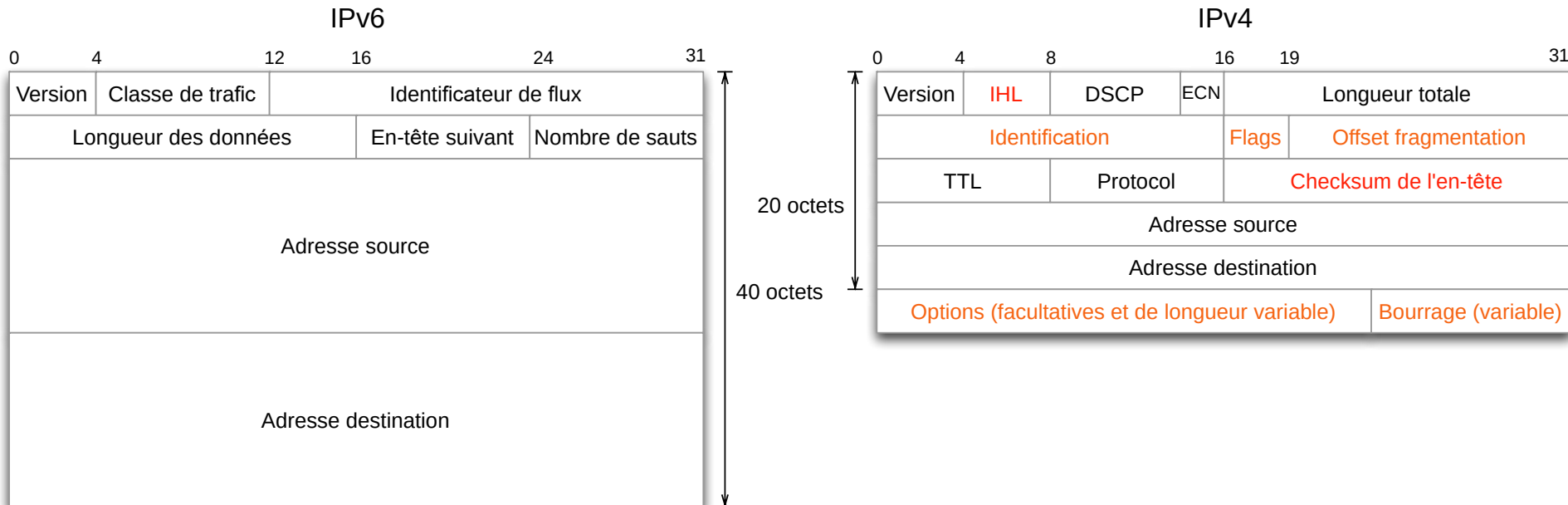
Permet aux machines de configurer leurs adresses IP

1. La machine construit une adresse local de lien
 - Préfixe FE80::/64 + ID interface EUI-64 modifié
 - *Duplicate Address Detection* : La machine envoie une Sollicitation de Voisins pour cette adresse. Pas de réponse → OK
2. La machine envoie une **Sollicitation de Routeurs** à l'adresse multicast 'Tous les routeurs' du lien
3. Le routeur renvoie une **Annonce de Routeur** avec le préfixe du réseau
4. La machine construit l'adresse globale
 - Préfixe de réseau + ID interface EUI-64 modifié
 - *Duplicate Address Detection* : La machine envoie une Sollicitation de Voisins pour cette adresse. Pas de réponse → OK



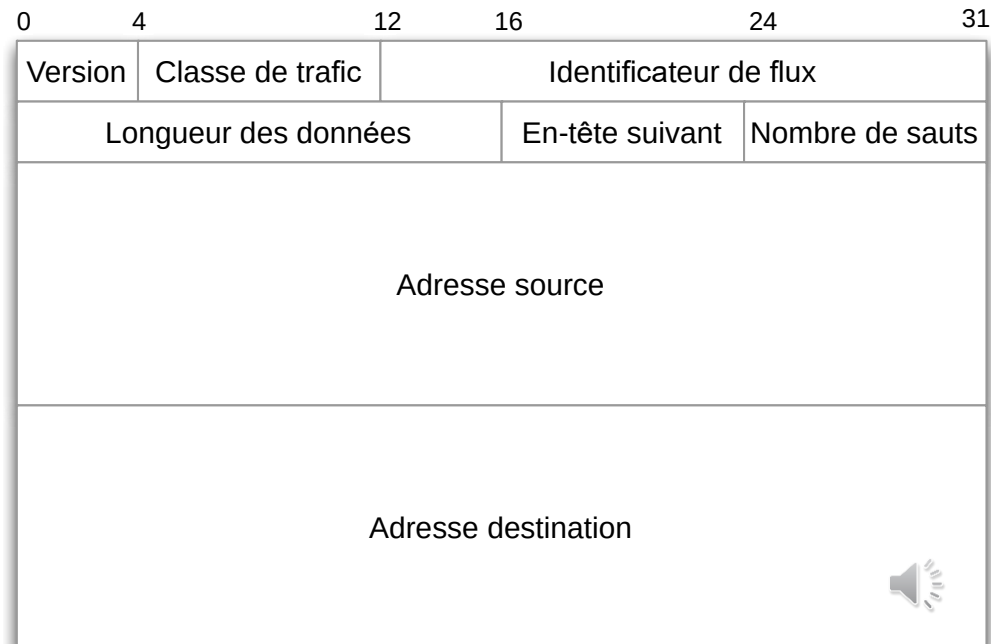
En-tête IPv6

- L'en-tête de base, utilisé dans la majorité des paquets a été simplifié
 - Les champs rarement utilisés peuvent être ajoutés à l'aide d'en-têtes d'extension
 - L'en-tête de base a une longueur fixe. Le champ « Header length » n'est plus nécessaire
 - La somme de contrôle est éliminée pour des raisons d'efficacité.



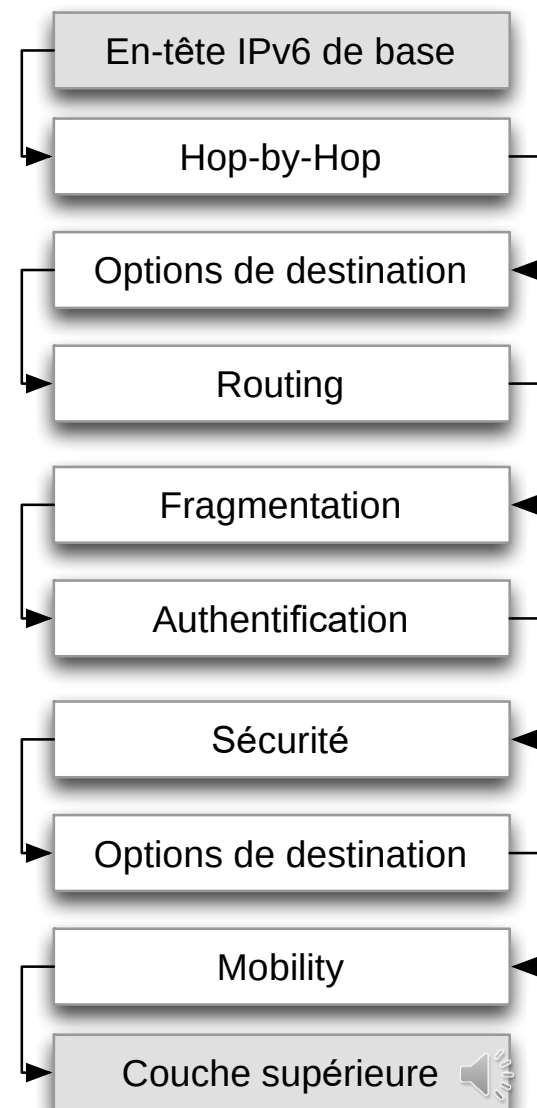
En-tête IPv6

- **Classe de trafic** (8 bit)
 - Permet d'introduire des services différenciés
- **Identificateur de flux** (20 bit)
 - Permettra à l'avenir le traitement plus efficace de flux de paquets
- **Longueur des données** (16 bit)
 - Longueur maximale en mode normale: 65'535 octets
 - Option 'Jumbogrammes' pour datagrammes plus longs
- **En-tête suivant** (8 bit)
 - Indique le type de l'en-tête qui suit (extension ou couche supérieure)
- **Nombre de sauts**
 - Similaire à TTL en IPv4



En-têtes d'extension

- Les en-têtes d'extension permettent d'évoluer le protocole IPv6 et d'implémenter des fonctionnalités supplémentaires
- **Ils sont examinés uniquement par le destinataire final (sauf en-tête 'Hop-by-Hop')**
- Ils peuvent être chaînés à l'aide du champ 'En-tête suivant' dans chaque en-tête
- La grande majorité des datagrammes ne contiennent pas d'extensions.
Ils n'ont que l'en-tête IPv6 de base suivi de l'en-tête de la couche supérieure



Fragmentation

- Contrairement à IPv4, uniquement la source fragmente des datagrammes
- Chaque interface IPv6 doit supporter une MTU minimum de 1280 octets
- **Découverte de MTU par la source** : un routeur qui doit transmettre un datagramme trop long renvoie un message qui indique la MTU permise (message ICMPv6 « Paquet trop grand »)

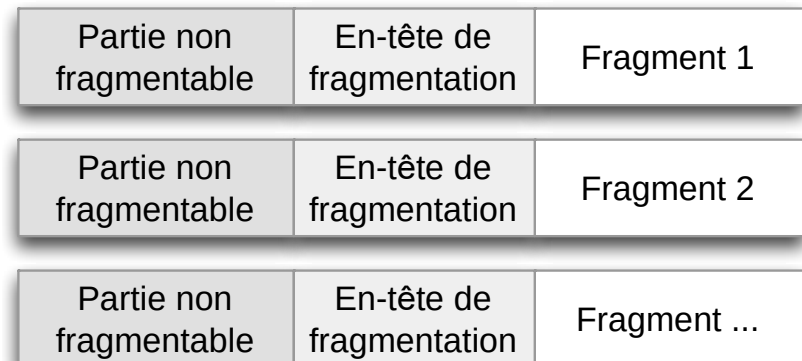
Algorithme

- Partie non fragmentable: en-tête de base et l'option hop-by-hop
- Le reste peut être fragmenté
- Chaque fragment comprend
 - La partie non fragmentable complète
 - L'en-tête de fragmentation
 - Une partie du datagramme

Datagramme IPv6 original



Fragments



Transition à IPv6

- IPv4 et IPv6 vont coexister pendant une longue durée

Méthodes de transition

1. Double-pile IPv4 et IPv6

- Les machines utilisent IPv4 et IPv6 en parallèle
- DNS indique s'il faut communiquer en IPv6 ou IPv4

2. Tunneling

- Permet aux réseaux IPv6 de communiquer à travers un réseau intermédiaire IPv4
- Méthode 6to4 : encapsulation automatique de paquets IPv6 en paquets IPv4

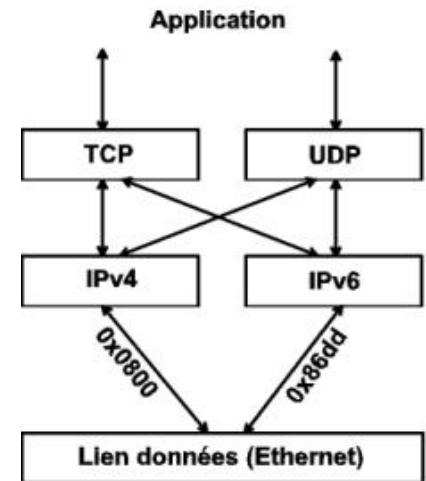
3. Proxies et translation pour machines sans IPv4

- Après l'épuisement des adresses IPv4, l'interopérabilité entre IPv4 et IPv6 nécessite la traduction de paquets



Double pile IPv4 et IPv6

- Permet la compatibilité entre IPv4 et IPv6
- Une machine a des adresses IPv4 et IPv6
 - Un hôte double pile peut communiquer avec des hôtes IPv4, IPv6 et double pile
- Son réseau doit également supporter IPv6 (routeurs IPv6, ISP IPv6)
- Comment choisir la version d'IP à utiliser ?
 - **DNS** répond à une requête avec une adresse IPv4, IPv6 ou les deux



```
C:\Users\jehrensb>nslookup www.google.ch
Server:  ns01.hessoadm.ch
Address:  10.192.22.5

Non-authoritative answer:
Name:     www.google.ch
Addresses: 2a00:1450:4001:821::2003
          216.58.206.3
```



Fin du chapitre

