
L'adressage IP

**Atelier SI-F
AfNOG 2018, Sénégal**

Contenu

- Préfixes et adresses IPv4 et IPv6
- Transfert versus routage des paquets
- Protocole de Résolution d'adresse
(Address Resolution Protocol ARP)

Rôle d'une adresse IP

- Identification unique de :
 - La Source
 - Comment le destinataire sait d'où vient le message?
 - Comment **savoir** qui a piraté votre réseau
 - La Destination
 - Comment envoyer des données à un autre réseau
- Format Réseau indépendant
 - IP sur quoi que ce soit

Rôle d'une adresse IP

Identifie la connexion à un réseau d'une machine

- Assignée de façon unique dans un format hiérarchique
 - IANA (Internet Assigned Number Authority)
 - IANA aux RIRs (AfrINIC, ARIN, RIPE, APNIC, LACNIC)
 - RIR aux ISPs et aux grandes organisations
 - ISP ou départements IT des entreprises aux utilisateurs finaux
- IPv4 utilise des adresses uniques de 32 bits
- IPv6 utilise des adresses uniques de 128 bits

Structure de base d'une adresse IPv4

- Nombre à 32 bits (numéro sur 4 octets):
(par exemple 133.27.162.125)
- Représentation décimale:

| | | | |
|------------|-----------|------------|------------|
| 133 | 27 | 162 | 125 |
|------------|-----------|------------|------------|

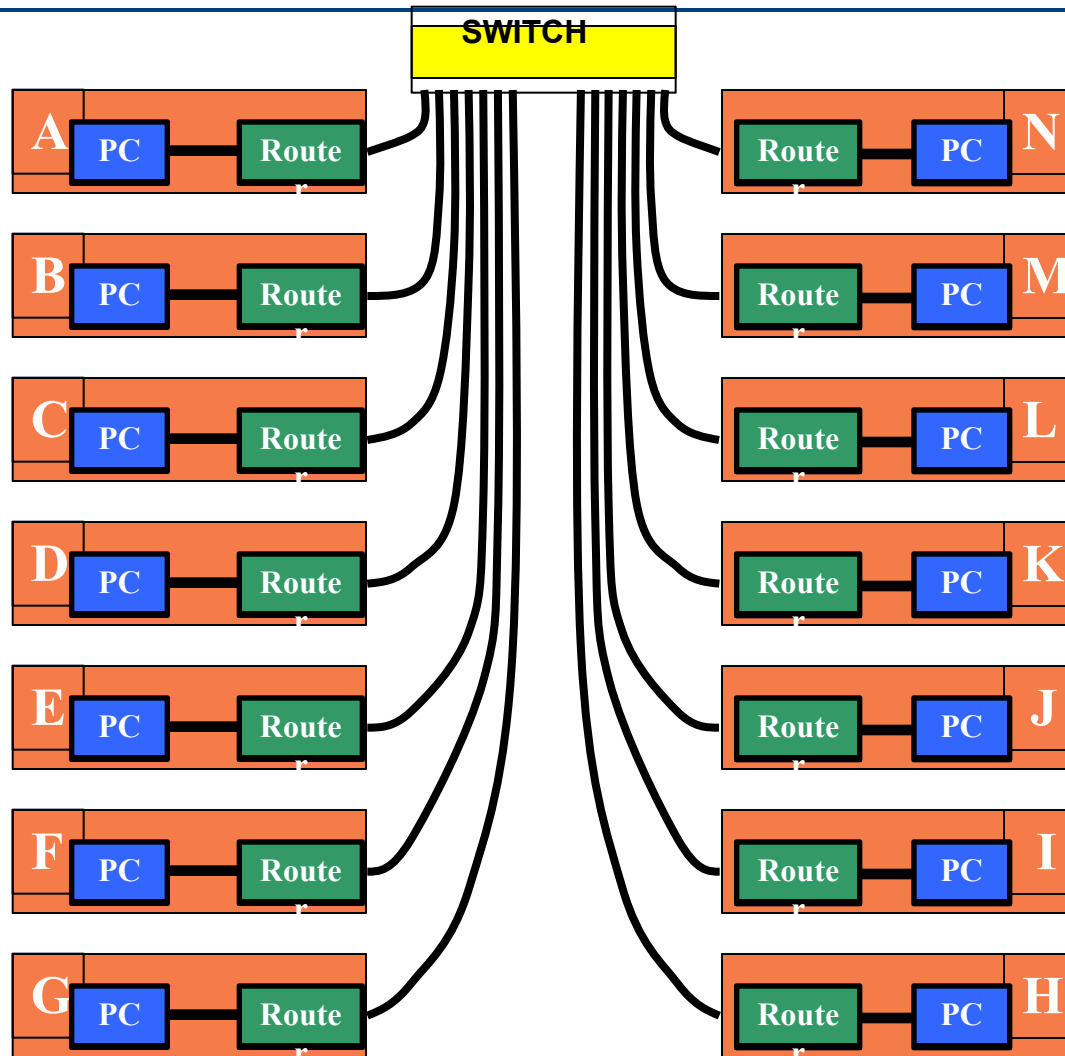
- Représentation binaire:

| | | | |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 10000101 | 00011011 | 10100010 | 01111101 |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|

- Représentation hexadécimale:

| | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 85 | 1B | A2 | 7D |
|-----------|-----------|-----------|-----------|

Exercic sur l'adressage IP



Exercice sur l'adressage IP

- Construisez une adresse IP pour la connexion de votre routeur au réseau backbone.
- **10.200.220.x**
- x = 1 pour groupe A, 2 pour groupe B, etc.
- Ecrivez la aussi bien en format décimal qu'en format binaire.

Adressage dans l'Inter-réseau

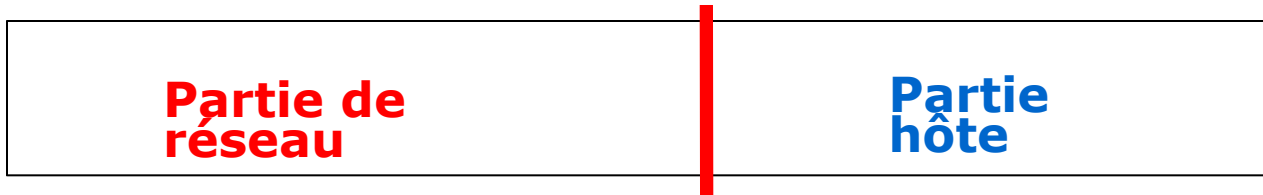
- Le problème que nous avons
 - Plus d'un réseau physique
 - Emplacements différentes
 - Un grand nombre d'hôtes / systèmes informatiques
 - Besoin de tous les numéroté
- Nous utilisons un système structuré de numérotation
 - Les hôtes qui sont connectés au même réseau physique peuvent avoir des adresses IP «similaires»

La partie réseau et la partie hôte

- Rappelez vous que l'adresse IPv4 est sur 32 bits
- Divisez la en une «partie du réseau" et une "partie hôte"
 - «La partie réseau» de l'adresse identifie le réseau dans l'inter-réseau (par exemple Internet).
 - «La Partie hôte» identifie l'hôte sur ce réseau
 - Les hôtes ou les routeurs connectés au même réseau / couche liaison vont avoir des adresses IP avec la même "partie réseau", mais une "partie hôte" différente.
 - La partie hôte contient suffisamment de bits pour satisfaire le besoin de numérotation du sous-réseau, par exemple 8 bits permettent d'obtenir en théorie 256 adresses

Diviser une adresse

- Division hiérarchique dans l'adresse IP:
 - Partie réseau (ou préfixe) - bits de poids fort (à gauche)
 - décrit le réseau physique
 - Partie hôte - bits de poids faible (à droite)
 - qui décrit l'hôte sur ce réseau



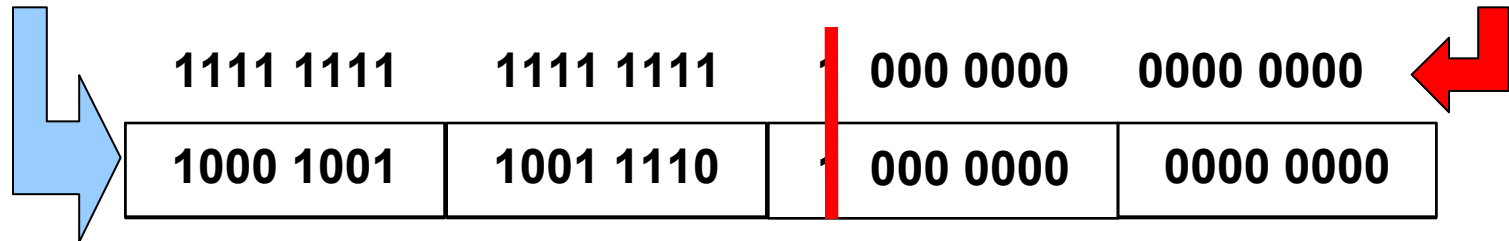
- La démarcation peut être n'importe où
 - Les démarcations sont choisies en fonction de nombre d'hôtes requis donc des besoins en adressage

Masques réseau

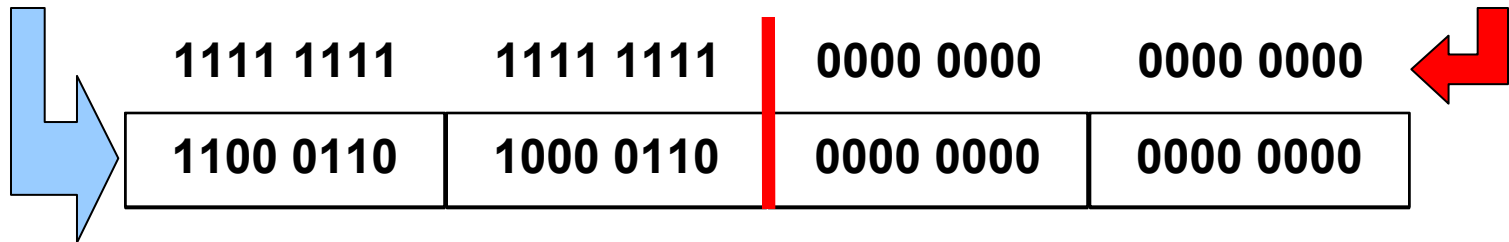
- "Les masques réseau" permettent de définir quels bits concernent la partie du réseau, et quels autres la partie hôte
- Différentes représentations :
 - Notation décimale: 255.255.224.0
 - binaire: 11111111 11111111 11100000 00000000
 - hexadécimale: 0xFFFFE000
 - nombre de bits de réseau: / 19
 - compter les 1 dans la représentation binaire
- Les exemples ci-dessus signifient tous la même chose: 19 bits pour la partie réseau et 13 bits pour la partie hôte

Exemples de préfixes

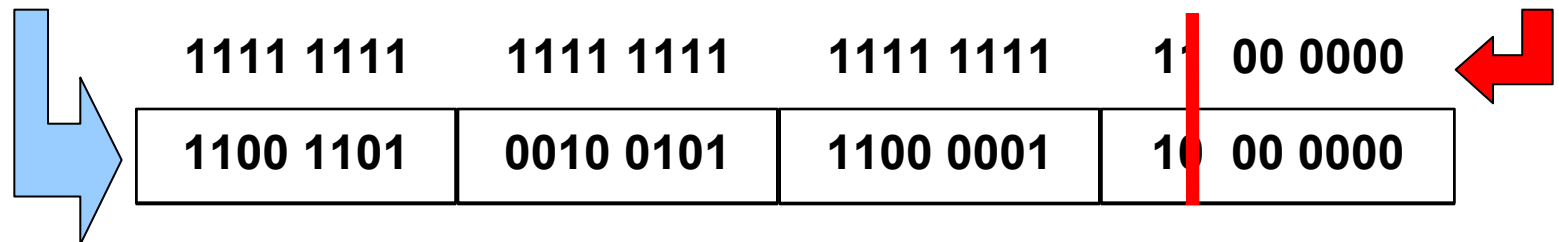
- 137.158.128.0/17 (netmask 255.255.128.0)



- 198.134.0.0/16 (netmask 255.255.0.0)



- 205.37.193.128/26 (netmask 255.255.255.192)



Adresses spéciales

- Tous les bits de la partie hôte sont à 0: représente le réseau
 - e.i. 193.0.0.0/24
 - e.i. 138.37.64.0/18
- Tous les bits de la partie hôte sont à 1: représente le Broadcast (diffusion)
 - par exemple 193.0.0.255 (préfixe 193.0.0.0/24)
 - par exemple 138.37.127.255 (préfixe 138.37.64.0/18)
- 127.0.0.0 / 8: l'adresse Loopback (127.0.0.1)
- 0.0.0.0: Pour des usages spéciaux variés

Histoire ancienne:

-
- Un réseau classful 'suggère' naturellement un prefix-length or netmask:
 - Class A: prefix length /8 (netmask 255.0.0.0)
 - Class B: prefix length /16 (netmask 255.255.0.0)
 - Class C: prefix length /24 (netmask 255.255.255.0)
 - les réseaux routés modernes (sans classes) ont plutôt des prefix-lengths ou netmasks
 - Donc, idéalement, juste en regardant une adresse IP on ne peut pas connaître son prefix-length ou que devrait être le netmask.
 - Dans ce cas la configuration de protocole a également besoin de netmask explicite ou de prefix-length.

Adressage sans classe de l'ère

Après-1994.

- Les terminologies et les restrictions Classe A, Classe B, Classe C n'ont désormais qu'un intérêt historique.
 - Obsolète depuis 1994
- Le routage Internet et la gestion d'adresses sont de nos jours sans classe
- **CIDR = Classless Inter-Domain Routing**
 - Le routage ne suppose pas que les anciennes adresses classe A, B, C impliquent prefix lengths of /8, /16, /24
- **VLSM = Variable-Length Subnet Masks**
 - Le routeur ne suppose pas que tous les réseaux sont de meme taille

Exemple d'adressage sans classe

- Un ISP reçoit un grand bloc d'adresses
 - par exemple, un préfixe / 16, ou 65536 adresses séparées
- Attribue des blocs plus petits aux clients
 - par exemple, un préfixe / 24 (256 adresses) à un client, et un préfixe / 28 (16 adresses) à un autre client (et un peu d'espace qui reste pour d'autres clients)
- Une organisation qui reçoit un préfixe / 24 de son ISP , le divise en blocs plus petits
 - par exemple un préfixe /27 (32 adresses) pour un ministère, et un /28 (16 adresses) pour un autre ministère (et un peu d'espace qui reste pour d'autres réseaux internes)

Exercice d'adressage sans classe

- Considérons le bloc d'adresse 133.27.162.0 /24
- Allouer cinq blocs /28 séparées, un /27, et un /30
- Quelles sont les adresses IP de chaque bloc alloué ci-dessus?
 - Dans la notation prefix-length
 - Netmasks en décimal
 - Plages d'adresses IP
- Quels blocs sont encore disponibles (non encore attribué)?
- Quelle est la taille du plus grand bloc disponible?

Configurer les interfaces – ifconfig

- `ifconfig interface [address_family] address [paramètres]`
 - interface: interface réseau, e.i., eth0 or bge0
 - options: up, down, netmask mask
 - address: adresse IP
- **Examples:**
 - `ifconfig bge0 inet 192.168.2.2;`
 - `ifconfig bge1 192.168.3.1`
 - `ifconfig eth0 inet 172.16.1.1/24`
 - `ifconfig bge0 192.168.2.2 netmask 255.255.255.0`
 - `ifconfig bge0 inet6 2001:db8:bdbd::123 prefixlen 48 alias`

Adressage IPv6

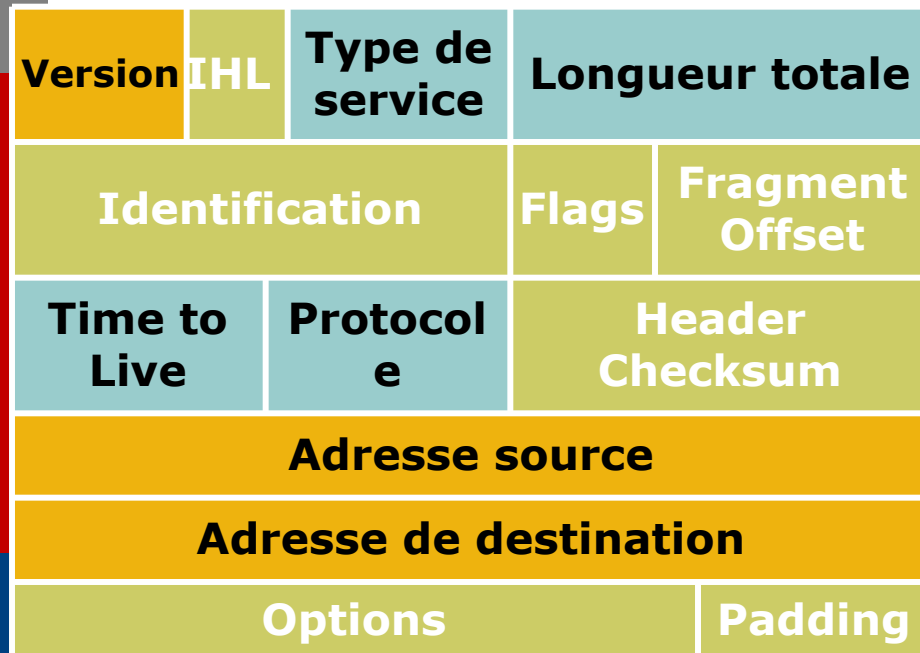
Les adresses IP (suite)

IP version 6

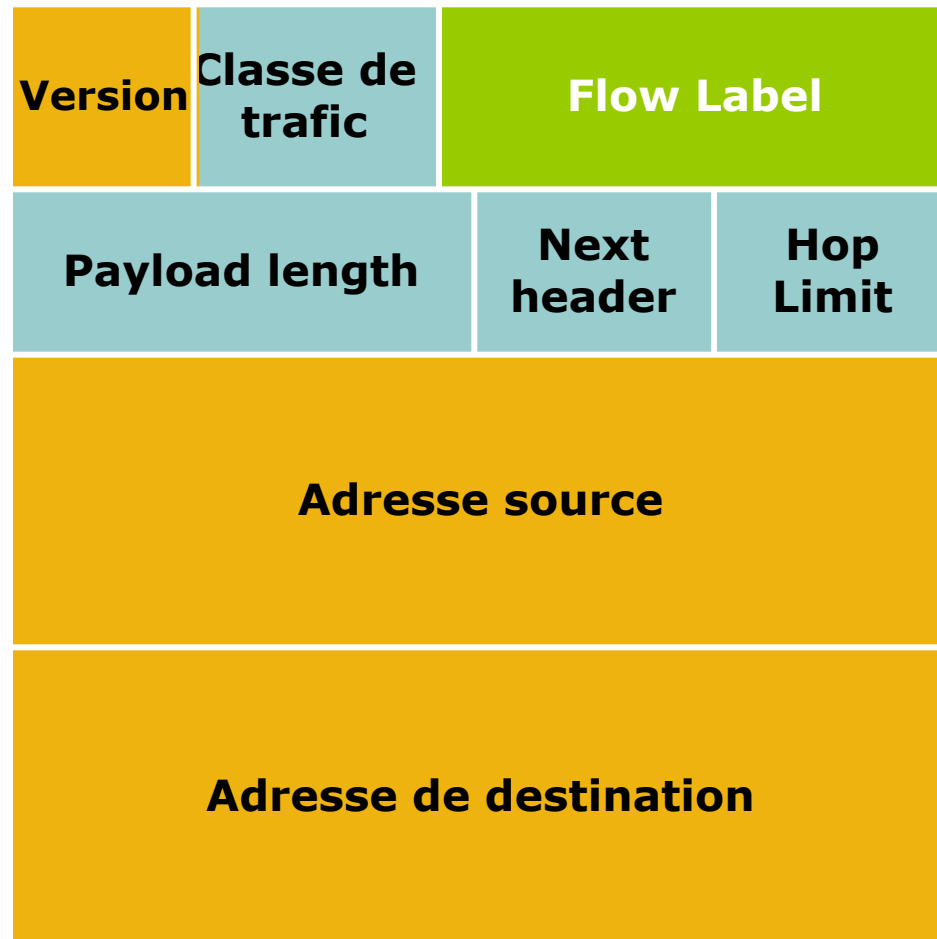
- IPv6 a été conçue en tant que successeur de l'IPv4
 - Espace d'adressage étendu
 - **Longueur** d'adresse quadruplée pour atteindre 16 octets (128 bits)
 - Simplification du format de l'entête
 - Longueur fixe, les headers facultatifs sont chaînés
 - Pas de Checksum au niveau de la couche réseau IP
 - Pas de fragmentation par le routeur
 - Découverte du Path MTU
 - champs alignés sur 64 bits dans le header
 - Fonctions d'authentification et de confidentialité
 - IPsec est obligatoire
 - Plus de broadcast

Comparaison des entêtes IPv4 et IPv6

IPv4 Header



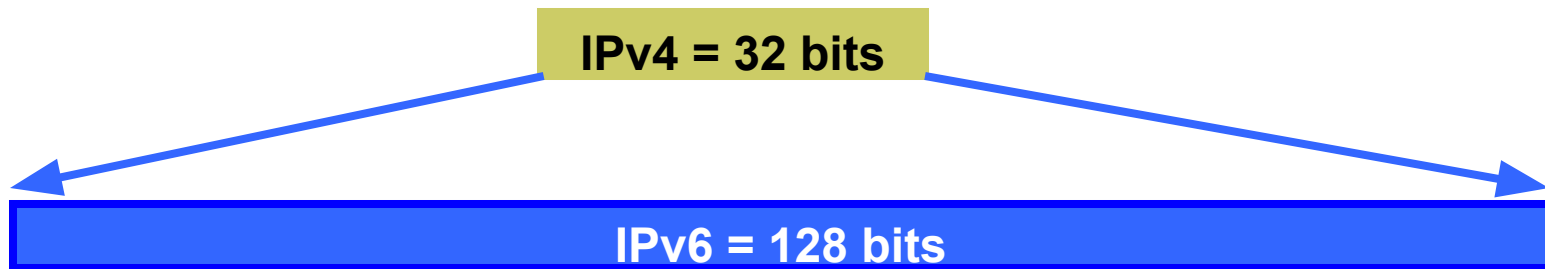
IPv6 Header



Légende


- Nom du champ gardé de IPv4 à IPv6
- Les champs non gardés dans IPv6
- Nom et position a changé dans IPv6
- Nouveau champ dans IPv6

Large espace d'adressage



- IPv4
 - 32 bits
 - = 4,294,967,296 dispositifs adressables
- IPv6
 - 128 bits: 4 fois la taille en bits
 - = 3.4×10^{38} dispositifs adressables
 - = 340,282,366,920,938,463,463,374,607,431,768,211,456
 - $\sim 5 \times 10^{28}$ adresses par personne sur la planète

Représentation des adresses IPv6

- Représentation hexadécimale par des champs de 16 bits séparés par : et les caractères sont insensibles à la casse.
 - 2031:0000:130F:0000:0000:09C0:876A:130B
 - Les zéros à gauche dans un champ sont facultatifs:
 - 2031:0:130F:0:0:9C0:876A:130B
 - Champs successifs de 0 représentés par ::, mais seulement une fois dans une adresse:
 - 2031:0:130F::9C0:876A:130B ← est bon
 - 2031::130F::9C0:876A:130B pas bon (deux "::")
- 
- 0:0:0:0:0:0:0:1 → ::1 (adresse loopback)
 - 0:0:0:0:0:0:0:0 → :: (adresse non spécifiée)

Représentation des adresses IPv6

- Dans une URL, il est entouré de crochets
(RFC3986)
-

- [http://\[2001:db8:4f3a::206:ae14\]:8080/index.html](http://[2001:db8:4f3a::206:ae14]:8080/index.html)
- Complicé à retenir pour les utilisateurs
- Cela se fait surtout à des fins de diagnostic
- Utilisez des noms de domaine pleinement qualifiés (FQDN) au lieu de cette méthode

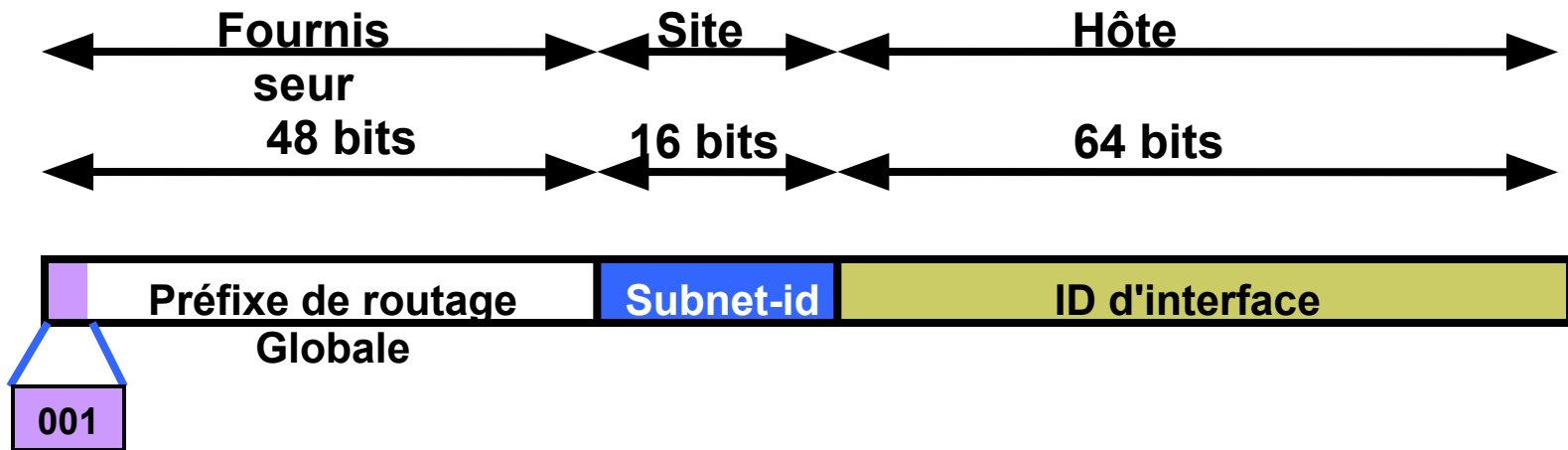
- Représentation de préfixe

- La représentation du préfixe est la même que pour IPv4 CIDR
 - Adresse puis prefix-length, avec séparateur slash
- Adresse IPv4:
 - 198.10.0.0/16
- Adresse IPv6:
 - 2001:db8:12::/40

L'adressage IPv6

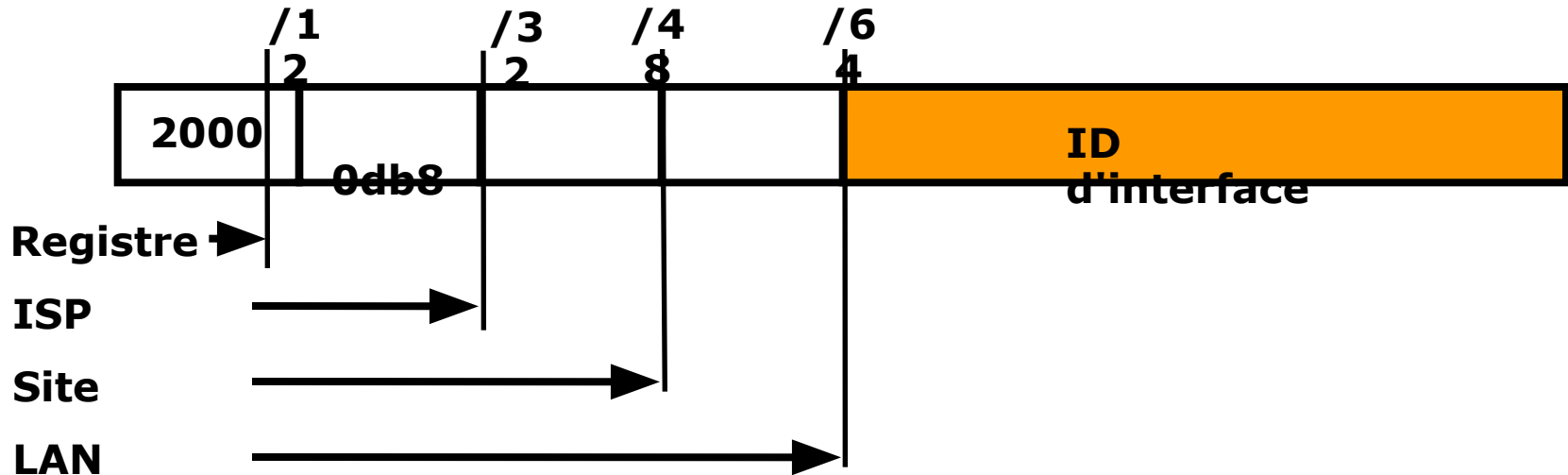
| Type | Binaire | Hex |
|-------------------------------|--------------------------------|-----------|
| Indéterminé | 0000...0000 | ::/128 |
| Loopback | 0000...0001 | ::1/128 |
| Adresse unicast globale | 0010 ... | 2000::/3 |
| Adresse unicast de lien local | 1111 1110 10... | FE80::/10 |
| Adresse unicast Unique locale | 1111 1100 ... 1111 1101 ... | FC00::/7 |
| Adresse Multicast | 1111 1111 ... | FF00::/8 |

Adresses IPv6 unicast globales



- Les adresses IPv6 unicast globales sont:
 - Les adresses pour une utilisation générique d'IPv6
 - La structure hiérarchique vise à simplifier l'agrégation

L'allocation des adresses IPv6



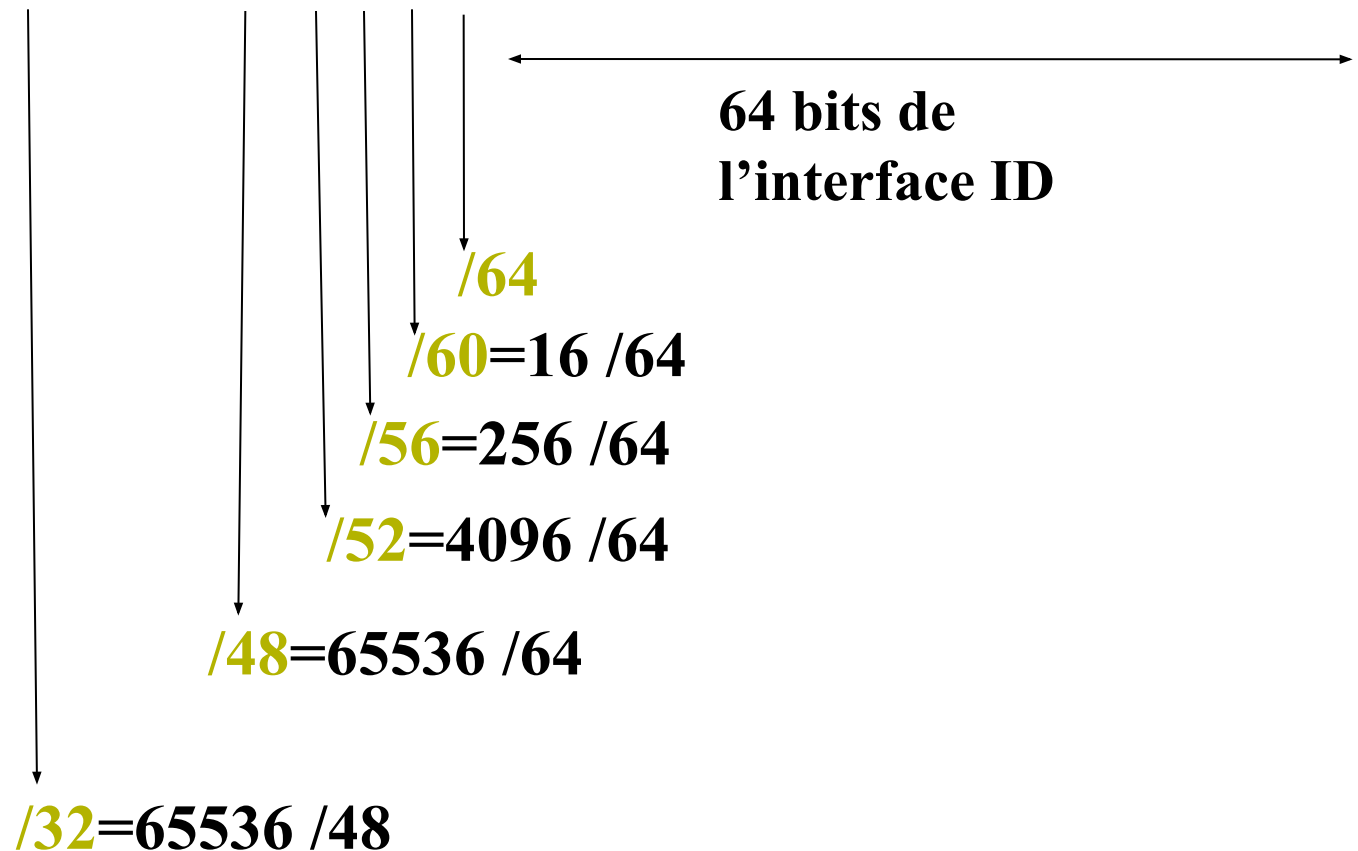
- Le processus d'allocation est le suivant:
 - L'IANA alloue dans le bloc 2000 :: / 3 pour une utilisation initiale des adresses IPv6 unicast
 - Chaque registre obtient un préfixe /12 de l'IANA
 - Le registre attribue un préfixe /32 (ou plus) à un ISP IPv6
 - Les ISP attribuent en général un préfixe /48 à chaque client final

Portée d'adressage IPv6

- 64 bits utilisés pour l'interface ID
 - Possibilité de 2^{64} hôtes sur un réseau LAN
 - Arrangement pour accueillir les adresses MAC dans l'adresse IPv6
- 16 bits utilisés pour les end-site
 - Possibilité de 2^{16} réseaux sur chaque site
 - 65536 sous réseaux

Subnetting IPv6

2001:0db8:0000:0000:0000:0000:0000:0000



Concept Nibble (4 bits)

| Decimal | Binary | Hexadecimal |
|---------|--------|-------------|
| 0 | 0000 | 0 |
| 1 | 0001 | 1 |
| 2 | 0010 | 2 |
| 3 | 0011 | 3 |
| 4 | 0100 | 4 |
| 5 | 0101 | 5 |
| 6 | 0110 | 6 |
| 7 | 0111 | 7 |
| 8 | 1000 | 8 |
| 9 | 1001 | 9 |
| 10 | 1010 | a |
| 11 | 1011 | b |
| 12 | 1100 | c |
| 13 | 1101 | d |
| 14 | 1110 | e |
| 15 | 1111 | f |

Sommaire

- Vaste espace d'adressage
- Adressage Hexadécimal
- Hiérarchie d'adressage distincte entre les ISP, end-sites, et les LANs,
 - Les ISP ont généralement un /32
 - Les clients finaux ont généralement /48
 - LANs ont des /64s
- Les autres fonctionnalités IPv6 seront discutées plus tard

Transfert versus routage des paquets

Le besoin de transfert de Paquets

- Plusieurs réseaux de petite taille peuvent être interconnectés pour former un grand réseau
- Un périphérique sur un réseau ne peut pas envoyer un paquet directement à un autre situé à sur un autre réseau
- Le paquet doit être transmis d'un réseau à un autre, à travers des noeuds intermédiaires, jusqu'à ce qu'il atteigne la destination finale
- Les noeuds intermédiaires sont appelés "routeurs"

Un Routeur IP

- C'es un équipement ayant plus d'une interface de type physique/liaison de données (limite les domaines de diffusion)
- Différentes adresses IP(de subnets différents) sur différentes interfaces
- Reçoit les paquets sur une interface et les transmet (souvent sur une interface différente) sur une autre interface pour les rapprocher à un saut près de leur destination
- Maintient les tables de transfert et la base d'information de routage

Un Router IP – action sur chaque paquet

- ~~Il reçoit un paquet sur une interface (ingress)~~
- Vérifie si l'adresse destination est le routeur lui-même– si oui, il le transfère aux couches supérieures de la pile TCP/IP, sinon
- Décrémente le TTL (time to live) et jette le paquet si la valeur du TTL est égale à zéro (0). La valeur du TTL est sur un octet, ainsi le maximum est 255.
- Regarde l'adresse de destination sur la table de transfert (forwarding).
- La destination pourrait être sur un lien directement connecté, ou à travers un autre routeur directement connecté ou un routeur distant remote.

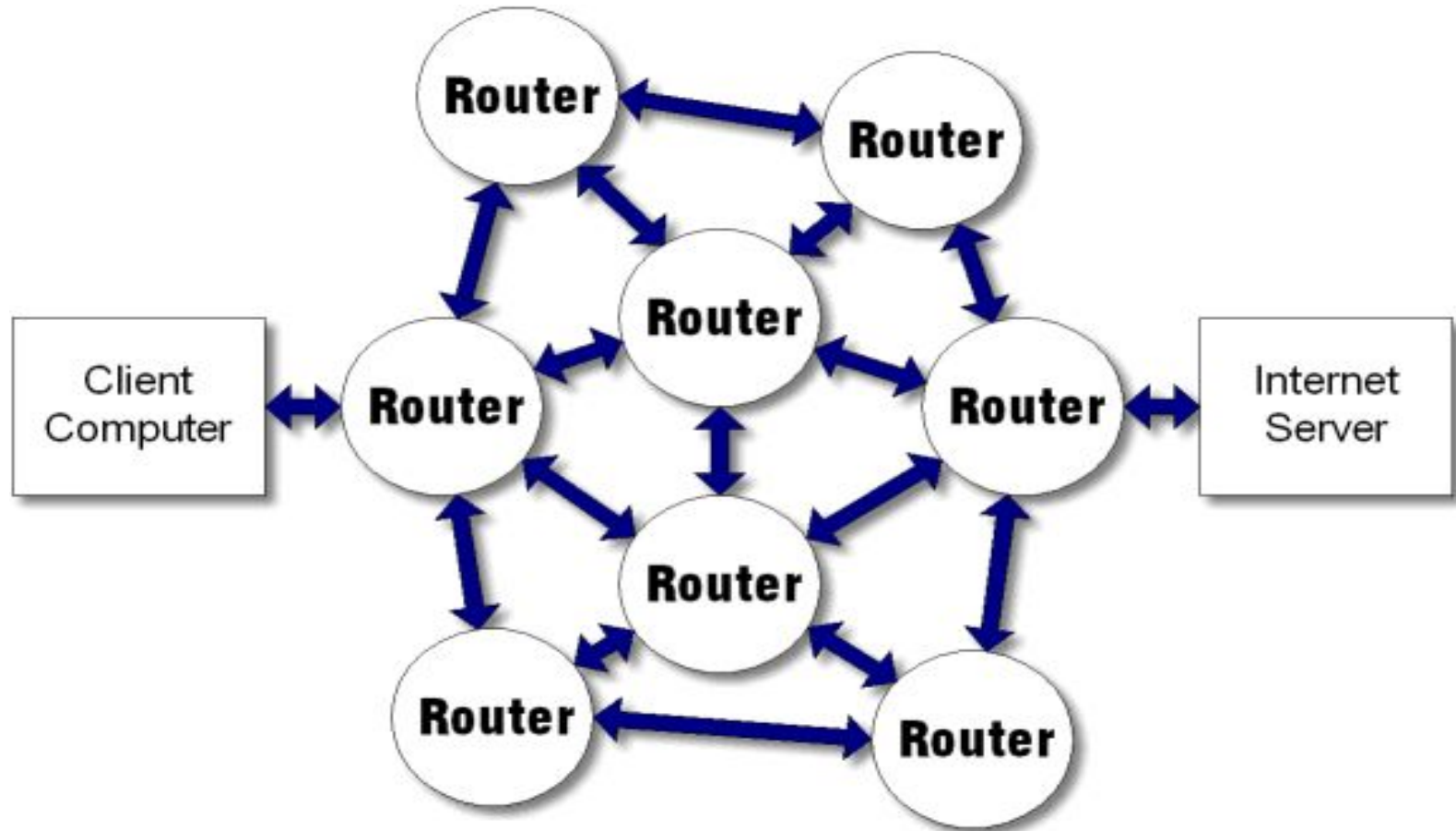
Forwarding vs. Routing

- Forwarding: déplacer les paquets entre les interfaces du routeur selon le trafic ingress et egress
 - Dépend de la table de forwarding
 - L'information est dans le paquet
- Routing: processus de construire la carte de routage en donnant les directions pour toutes les destinations
 - Une ou plusieurs protocoles de routage
 - Mécanismes (algorithmes) qui permettent de transformer l'information de routage dans la table de forwarding.
- (Plus de détails plus tard...)

Le forwarding est saut par saut

-
- Chaque routeur prend sa propre décision de façon indépendante des autres routeurs, basée sur les informations sur sa table de forwarding
 - Différents routeurs possèdent différentes tables de forwarding and prennent des décisions différentes
 - Les routeurs utilisent les protocoles de routage pour échanger entre eux, afin de mettre à jour les informations de routage et les tables de forwarding

Forwarding saut par saut



Fonctions d'un routeur

- Détermine le chemin de routage le plus optimal à travers le réseau

 - Le plus court délai signifie le plus court chemin
 - Meilleure fiabilité
- Déplace les paquets à travers le réseau
 - Détermine et achemine le paquet suivant l'adresse destination dans le paquet
 - Prend la décision sur le port vers lequel le paquet sera transmis
 - La décision est basée sur la table de routage
- Les routeurs interconnectés s'échangent des informations de routage afin de maintenir une carte claire et nette du réseau
- Dans un grand réseau, les mises à jour de la table de routage peuvent consommer beaucoup de ressources (cpu, mémoire, bande passante)
 - Un protocole pour le routage des mises à jour est requis

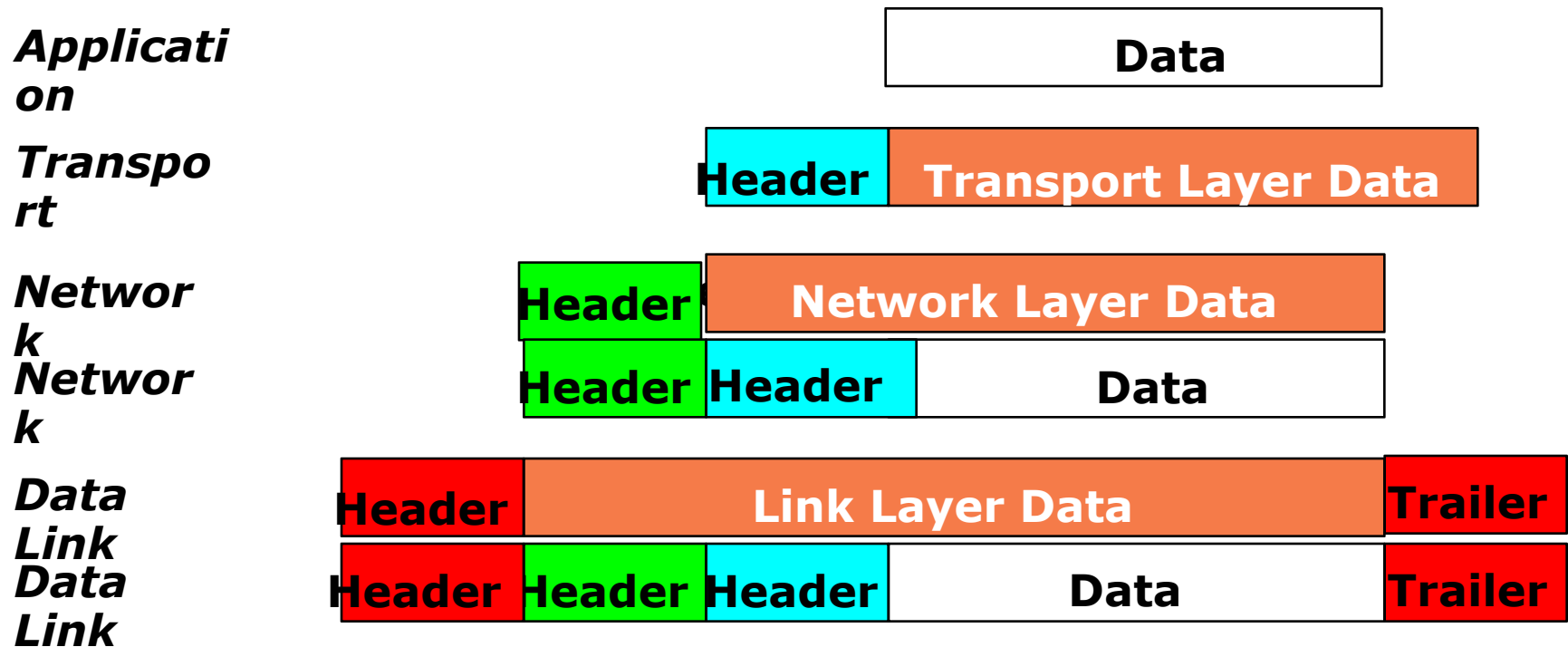
Structure de la table de Forwarding

- Ce ne sont pas toutes les adresses IP sur Internet qui sont listés dans les tables de routage/forwarding, sinon ces dernières seraient énormes.
- Au lieu de cela, la table de transfert contient les préfixes IP (réseaux ou sous-réseaux)
 - "si les premiers /n bits dans la table de routage correspondent à l'entrée, on envoi le datagramme sur cette direction"
 - S'il y a plus d'un préfixe qui correspondent, le préfixe le plus long sera choisi (routes plus spécifiques)
- 0.0.0.0/0 est " la route par défaut" – correspond à toutes les destinations, mais n'est utilisé que s'il y n y a aucun préfixe dans la table de routage qui correspond

ARP

Rappel sur l'encapsulation

- Les couches inférieures ajoutent des entêtes (et parfois des queues) aux données reçues des couches hautes



Concepts de base Ethernet

- Ethernet utilise un média de diffusion (partagé)
- Structure de la trame Ethernet :

| | | | | | | |
|-----------------|-------------|---------------|---------------|-------------|-------------|------------|
| Preamble | Dest | Source | Length | Type | Data | CRC |
|-----------------|-------------|---------------|---------------|-------------|-------------|------------|

- Le paquet IP en entier constitue la partie data de la trame Ethernet
- Mécanisme d'accès au support(CSMA/CD)
 - Retransmission à nouveau en cas de collision

Résolution Adresse Ethernet/IP

- Adresse Internet
 - Unique dans le monde (sauf les réseaux privés)
 - Indépendante de la technologie du réseau physique
- Adresse Ethernet
 - Unique dans le monde (sauf en cas d'erreurs)
 - Ethernet uniquement
- Besoin de correspondance entre les couches supérieures et celles inférieures (i.e. IP vers Ethernet, en utilisant ARP)

Address Resolution Protocol

- ARP est uniquement utilisé dans IPv4

 - ND (Neighbor Discovery) remplace ARP dans IPv6
- Vérifie le cache ARP pour voir s'il ya une entrée qui correspond à l'adresse IP
- Si aucune entrée ne correspond, un paquet de diffusion générale sur le réseau est envoyé à tous les périphériques sur le réseau Ethernet
- "Celle à qui" appartient l'adresse IP répond
- Réponse est enregistrée dans le cache ARP pour une utilisation future
- Les anciennes entrées du cache sont supprimés suivant un certain délai

Procédure ARP

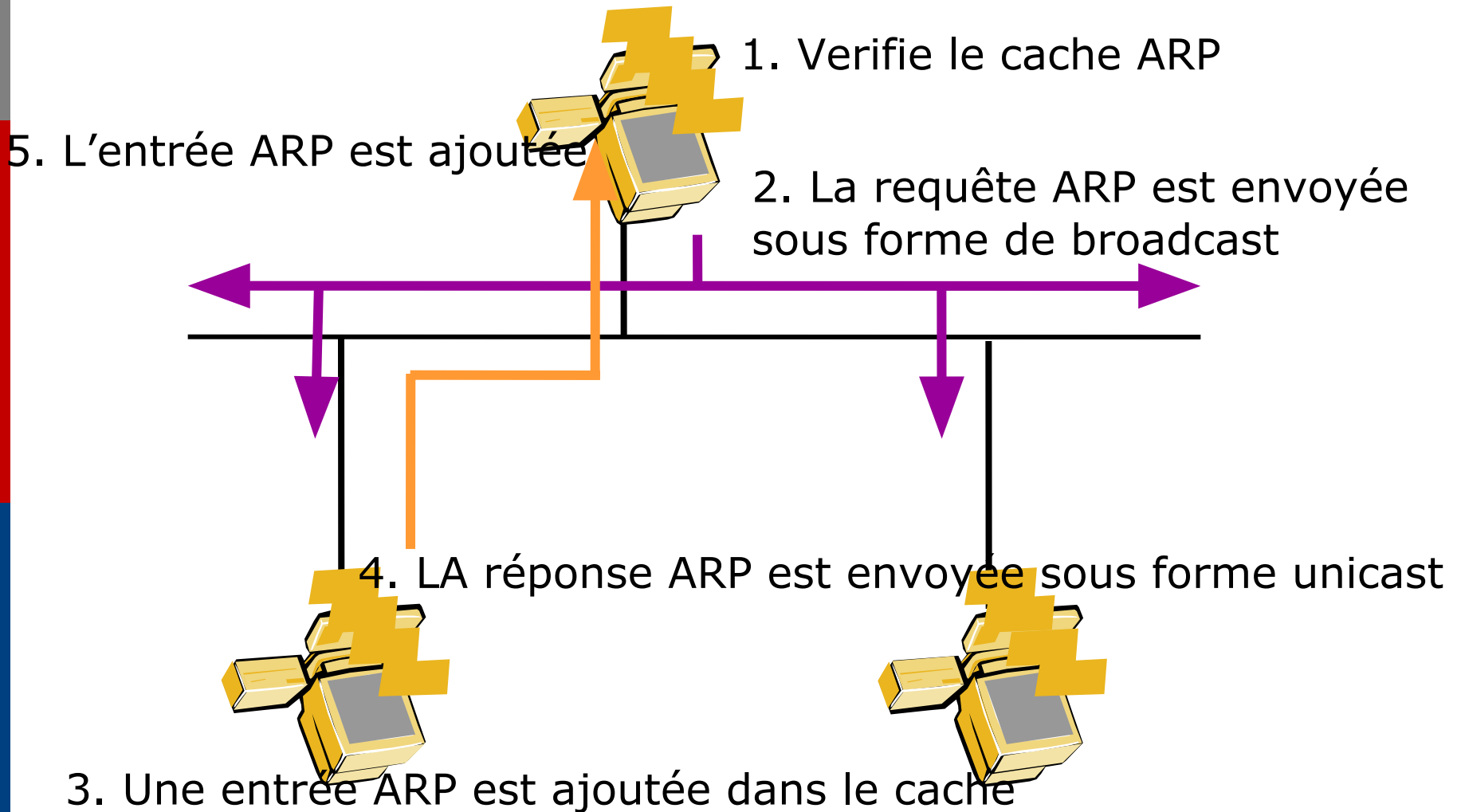


Table ARP

| Adresse IP | Address Physique | Age (Sec) |
|--------------|-------------------|-----------|
| 192.168.0.2 | 08-00-20-08-70-54 | 3 |
| 192.168.0.65 | 05-02-20-08-88-33 | 120 |
| 192.168.0.34 | 07-01-20-08-73-22 | 43 |

Types de messages ARP

- Requête ARP
 - Qui a l'adresse IP X.X.X.X demande l'adresse Y.Y.Y.Y? Merci de me donner ton adresse physique
- Réponse ARP
 - L'adresse IP X.X.X.X correspond à l'adresse Ethernet hh:hh:hh:hh:hh:hh
 - Une annonce ARP n'est pas seulement destinée pour solliciter une réponse; mais permet de mettre à jour toutes les entrées des caches ARP des autres hôtes qui reçoivent l'annonce ARP.

Adressage IP

**Atelier SI-F
AfNOG 2018, Sénégal**