



Téléinformatique – Ch. 6

Adressage, Ethernet et IP

Vincent Magnin
vincent.magnin@hefr.ch

Objectifs

- Connaître la structure des adresses MAC.
- Connaître la structure des adresses IPv4 et IPv6.
- Être capable de manipuler les adresses IPv4.
- Connaître l'utilité d'IPv6.
- Connaître les principes de fonctionnement d'Ethernet et d'IP
- Connaître les champs d'une trame Ethernet
- Connaître les champs d'un paquet IP

Adresses MAC / IP

Adresse MAC	Adresse IP
Adresse physique	Adresse logique
Couche 2 du modèle OSI (liaison de données)	Couche 3 du modèle OSI (réseau)
Inscrit en dur sur le périphérique (carte réseau)	N'est pas forcément attribuée définitivement à un périphérique
Non hiérarchisée	Hiérarchisée et classifiée

L'adresse MAC est une adresse de niveau 2. Elle permet de distinguer les hôtes sur **un même réseau logique**.

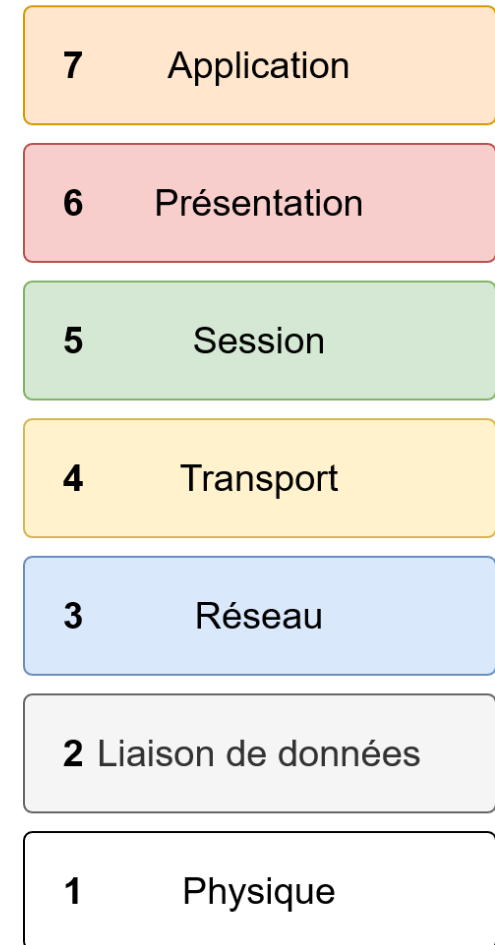
L'adresse IP est une adresse de niveau 3. Elle permet de distinguer les hôtes sur **des réseaux distincts**.

Couche 2 du modèle OSI

La couche « Liaison de données » du modèle OSI sert à :

- Délimiter les trames (début / fin)
- Détecter et corriger des erreurs de transmission
- Adresser localement les équipements (sur le réseau local)
- Contrôler l'accès au medium de transmission → partager le canal de communication commun

Modèle OSI



Adresse MAC

Une adresse MAC est **unique** et est composée de **48 bits** (6 octets) au format hexadécimal. Les 24 premiers bits représentent l'identifiant OUI (Organizationally Unique Identifier) du fabricant de la carte réseau. Les 24 derniers bits représentent l'identifiant unique de l'appareil.

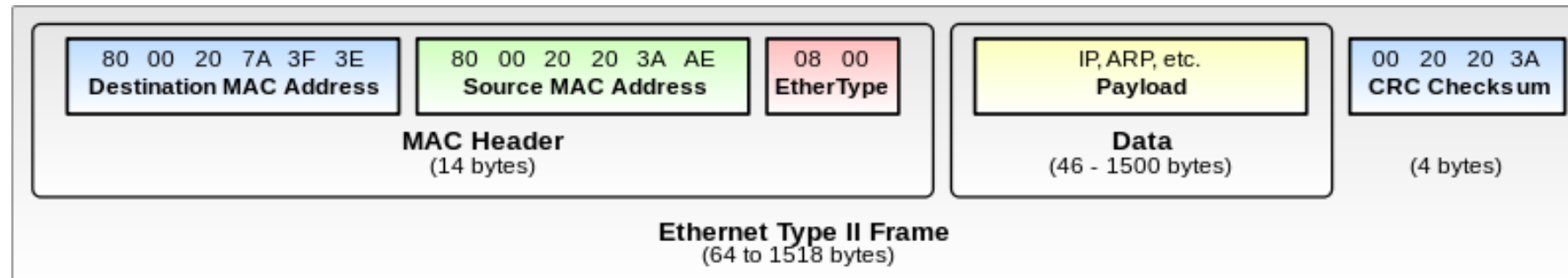
Il existe une adresse MAC spéciale, qui désigne tous les appareils. C'est l'adresse de **broadcast** (diffusion) : **FF:FF:FF:FF:FF:FF**

Il est important de noter que l'adresse MAC identifie **physiquement** une carte réseau, ce n'est pas une adresse logique. Les adresses MAC sont parfois appelées adresses physiques.

Protocole Ethernet

Ethernet est un protocole de niveau 2. C'est aujourd'hui l'un des plus utilisés dans les réseaux de téléinformatique. Le standard IEEE 802.3 CSMA/CD est la version normalisée d'Ethernet, bien que l'algorithme CSMA/CD soit beaucoup moins utilisé qu'avant.

Les champs d'une trame Ethernet sont les suivants :

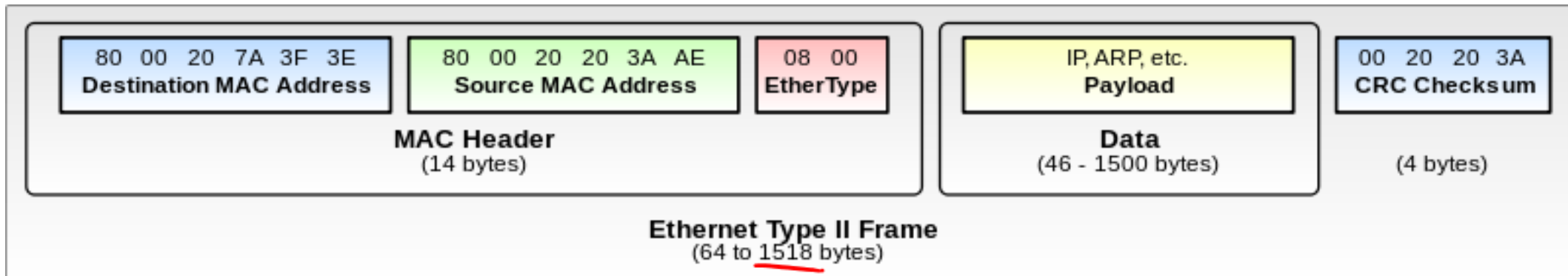


Pour **synchroniser** les horloges de transmission de l'émetteur et du récepteur, un **préambule** est ajouté avant la trame, il est composé de 7 octets de valeur 0xAA, et d'un octet de valeur 0xAB. Ce dernier octet est appelé le **SFD : Starting Frame Delimiter**.

Protocole Ethernet (2)

Vient ensuite la trame et son contenu, avec 6 octets par adresse MAC (d'abord destination puis source), ainsi que l'**EtherType** : l'indication du protocole encapsulé dans le payload. Les valeurs courantes de l'EtherType sont **0x0800** (IPv4), **0x0806** (ARP) et **0x86DD** (IPv6).

Le **CRC** (**Cyclic Redundancy Code**) est composé de 4 octets et permet de s'assurer que la trame a été correctement transmise.

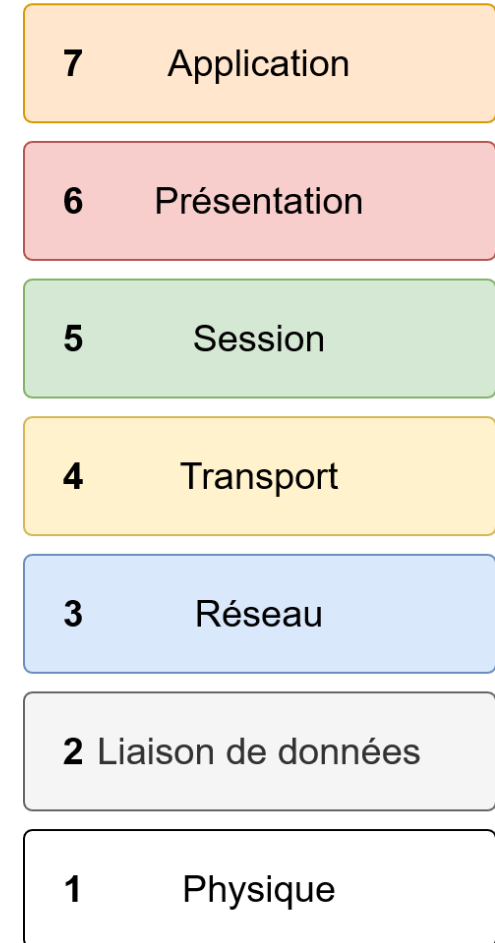


Couche 3 du modèle OSI

La couche « Réseau » du modèle OSI sert à :

- Adresser les stations globalement, de manière logique
- Router les paquets IP au travers d'Internet
- Fragmenter les paquets IP de trop grande taille

Modèle OSI



Adresse IPv4

Une adresse IP (ici IPv4 pour désigner la version 4) identifie de manière logique chaque station connectée à un réseau utilisant le protocole IP. Elle est composée de **32 bits** (4 octets) qui sont représentés au format décimal.

Une adresse IP est découpée en 2 parties :

- Le **NetID**, qui identifie le réseau sur lequel se trouve la station
- Le **HostID**, qui identifie la station

Exemple d'une adresse IPv4 : 160.98.31.110

→ Comment différencier la partie NetID de la partie HostID ?

Masque de sous-réseau

Le masque de sous-réseau (netmask) d'une adresse IP permet de **séparer** la partie NetID de la partie HostID. Il permet de **distinguer** des adresses faisant partie du même réseau.

Un netmask est une suite binaire composée uniquement d'une suite de 1, puis de 0. Le format est le même qu'une adresse IPv4 : **4 octets**.

Exemple d'un netmask : 255.255.0.0 (11111111.11111111.00000000.00000000)

Une fois qu'on connaît le netmask d'une adresse IP, on peut **calculer** le NetID et le HostID avec l'opérateur **AND**.

Masque de sous-réseau (2)

Il arrive souvent que l'adresse IP et le netmask soient spécifiés en notation **slashed** :

160.98.31.110/24

43.182.32.59/16

1.2.3.4/23

Le nombre qui suit le / indique le nombre de bits à 1 dans le netmask. Par exemple, un netmask noté /16 est équivalent à 255.255.0.0 (11111111.11111111.00000000.00000000).


Pour déterminer l'adresse du sous-réseau, il faut :

1. Convertir en binaire l'adresse IP et le netmask
2. Calculer le **AND** logique entre les 2
3. Convertir le résultat en décimal

Exemple avec l'IP 192.168.52.4 et le netmask 255.255.240.0 : NetID = 192.168.48.0

Masque de sous-réseau (3)

SECURE-HEFR
Connected

TCP/IP 

DNS

WINS

802.1X

Proxies

Hardware

Configure IPv4 Manually

IP address 0.0.0.0

Subnet mask 255.255.254.0

Router 160.98.116.1

Configure IPv6 Automatically

Router fe80::7218:a7ff:fee1:7150

IPv6 address	Prefix length
2001:620:40b:1116:10fc:9973:2070:3e7f	64
2001:620:40b:1116:4d3e:e399:5de6:2cd4	64

Forget This Network... Cancel OK

Edit IP settings

Manual

Can't save IP settings. Check one or more settings and try again.

IPv4 On

IP address 10.0.2.118

Subnet prefix length 255.255.255.0

Gateway

Preferred DNS

Alternate DNS

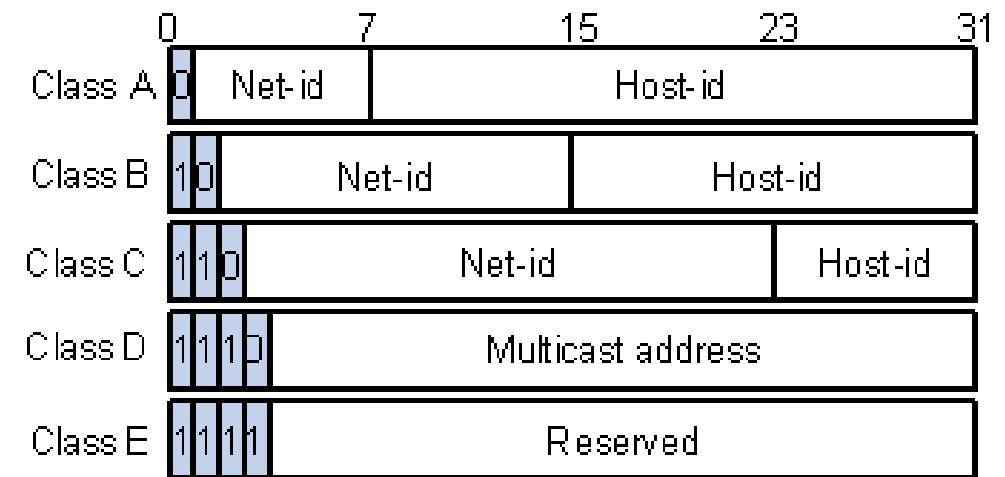
IPv6

Save Cancel

Classes d'adresses IP

Historiquement, les adresses IPv4 étaient classées en fonction de leurs premiers bits :

Classe	Plage
A	0.0.0.0 → 127.255.255.255
B	128.0.0.0 → 191.255.255.255
C	192.0.0.0 → 223.255.255.255
D	224.0.0.0 → 239.255.255.255
E	240.0.0.0 → 247.255.255.255



Les classes D et E représentent des adresses IP spéciales. En général, les «netmasks» des classes normales sont les suivants :

Classe A : /8

Classe B : /16

Classe C : /24

Adresses spéciales

Certaines adresses IP sont “spéciales”. Il y en a 3 principales :

- 127.x.x.x : adresse de rebouclage (**loopback**). La plus utilisée est 127.0.0.1
- x.x.x.255 : adresse de **broadcast** pour toutes les stations du réseau IP x.x.x.0
- x.x.x.0 : exprime le **réseau** dans son intégralité.

Il existe également des adresses privées. Elles ne sont pas exposées vers Internet, et permettent donc d'être réutilisées dans plusieurs réseaux privés. Il en existe 3 plages :

- 10.0.0.0 → 10.255.255.255
- 172.16.0.0 → 172.31.255.255
- 192.168.0.0 → 192.168.255.255

Manipulation de l'adressage IPv4

Lors de la manipulation d'adresses IPv4, il est important de travailler avec les adresses et les netmasks en binaire.

Pour trouver l'adresse de sous-réseau (NetID) :

- Calculer le AND logique entre l'adresse de l'hôte et le masque
- Toute la partie HostID se retrouve à 0

Pour trouver l'adresse de diffusion (broadcast) :

- Mettre toute la partie HostID à 1

Adresses disponibles pour les hôtes :

- Toutes les adresses entre l'adresse de sous-réseau et l'adresse de diffusion (en binaire, ça équivaut à accepter toutes les adresses avec un HostID de [...]00001 à [...]11110)

Manipulation de l'adressage IPv4 (2)

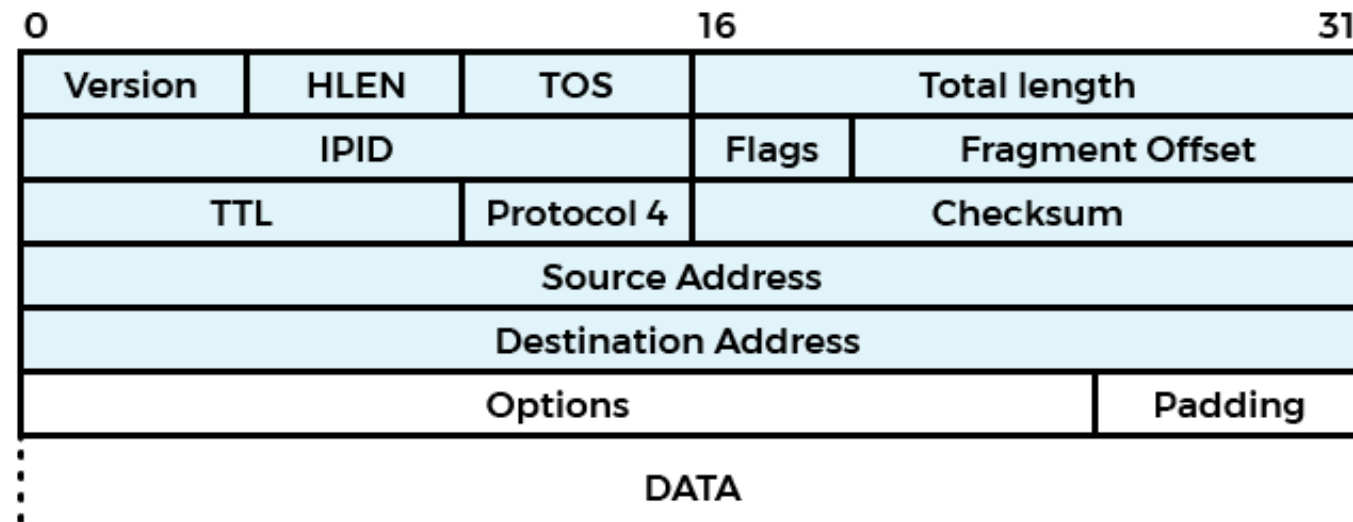
Exemple : « trouver les différentes adresses pour l'adresse IP 160.98.31.122/23 ».

		NetID	HostID
Adresse :	160.98.31.122	10100000 . 01100010 . 00011111 1 . 01111010	
Netmask :	255.255.254.0 = 23	11111111 . 11111111 . 11111111 0 . 00000000	
Wildcard :	0.0.1.255	00000000 . 00000000 . 00000000 1 . 11111111	
Network :	160.98.30.0/23	10100000 . 01100010 . 00011111 0 . 00000000	
Broadcast :	160.98.31.255	10100000 . 01100010 . 00011111 1 . 11111111	
HostMin :	160.98.30.1	10100000 . 01100010 . 00011111 0 . 00000001	
HostMax :	160.98.31.254	10100000 . 01100010 . 00011111 1 . 11111110	
Hosts / net :	510		

Protocole IPv4

Le protocole IPv4 se situe sur la couche 3 du modèle OSI, et on parle de **paquets IP** (à ne pas confondre avec les trames Ethernet, qui encapsulent les paquets IP). La suite de protocoles **TCP/IP** est la plus utilisée aujourd'hui.

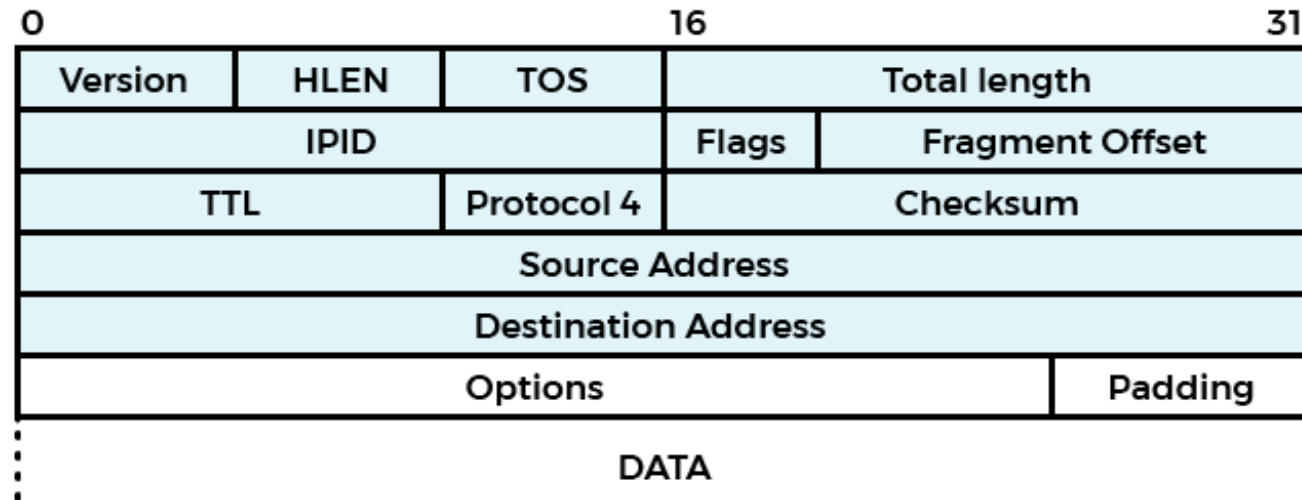
Les champs d'un paquet IP sont les suivants :



- Le champ version indique si le paquet est transmis via IPv4 ou IPv6.

Protocole IPv4 (2)

- Le **HLEN** (**Header Length**) indique la taille totale de l'en-tête IP. En principe, il sera toujours de 20 octets, mais les options peuvent le rendre plus grand. Le TOS (Type Of Service) n'est plus utilisé aujourd'hui, son objectif était de fournir de la qualité de service.
- Le champ **Total length** indique le nombre d'octets présents dans le champ DATA. Il peut être supérieur à 1518 (taille maximale d'une trame Ethernet). Dans ce cas il faut **fragmenter** les données en plusieurs paquets IP.



Protocole IPv4 (3)

- Les champs **IPID**, **Flags** et **Fragment Offset** servent à gérer la fragmentation d'un champ DATA trop grand en plusieurs paquets IP envoyés séparément sur le réseau.
- Le champ **TTL (Time To Live)** permet de définir la durée de vie d'un paquet. Dès qu'un paquet IP traverse un routeur, son TTL est décrémenté. Si le TTL d'un paquet arrive à 0, il est supprimé définitivement par le routeur (permet d'éviter les boucles infinies).
- Le champ **Protocol 4** indique quel est le protocole encapsulé dans le paquet IP (le plus souvent TCP, UDP, ou ICMP).
- Le champ **Checksum** est similaire au CRC d'Ethernet, il permet de vérifier qu'aucune erreur de transmission n'a eu lieu.
- Finalement, les adresses IPv4 sources et destination (attention au sens inversé par rapport à une trame Ethernet).
- Les champs Options et Padding ne sont pas souvent utilisés.

Protocole IPv6

Avec l'explosion d'Internet, le nombre d'adresses IPv4 disponibles a drastiquement été réduit. Il existe en tout 2^{32} adresses IPv4 (soit environ $4 \cdot 10^9$ adresses). Les adresses IPv6 ont été créées pour améliorer le protocole IP et répondre au besoin d'obtenir de nouvelles adresses. Il a été décidé qu'elles soient composées de **128 bits**.

En guise de comparaison :

- Il existe 4 294 967 296 adresses IPv4.
- Il existe 340 282 366 920 938 463 463 374 607 431 768 211 456 adresses IPv6 (autrement dit plus de 340 milliards de milliards de milliards de milliards).

IPv6 apporte notamment la simplification des en-têtes, l'ajout de la QoS, l'auto-configuration, et d'autres améliorations. Malheureusement, il est difficile de quitter complètement IPv4. Cela fait de nombreuses années qu'IPv4 et IPv6 cohabitent ensemble.

Protocole IPv6 (2)

Les adresses de 128 bits sont représentées au format hexadécimal, 2 octets par 2 octets. Comme très peu d'adresses sont utilisées pour le moment, il y a beaucoup de 0 dans les adresses. Il est alors possible de les raccourcir.

Exemple :

- Version longue : 2001:0db8:0000:85a3:0000:0000:ac1f:8001
- Version raccourcie : 2001:db8:0:85a3::ac1f:8001

On peut raccourcir une adresse IPv6 en se concentrant sur les doubles octets qui sont uniquement à 0. Voici les règles :

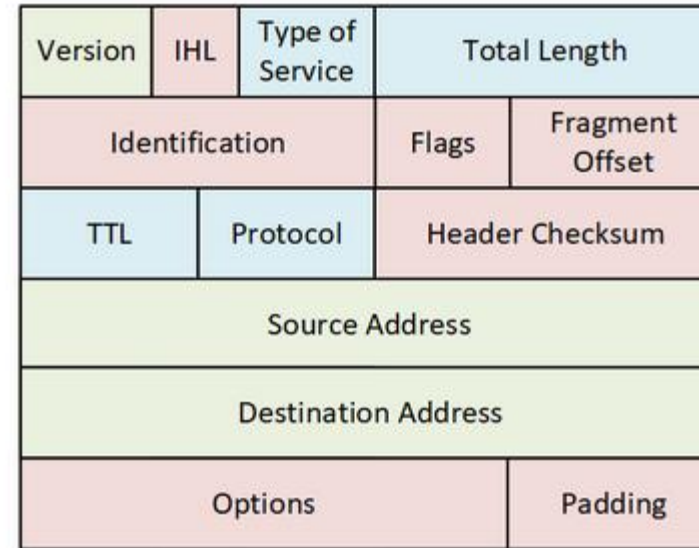
- La plus longue chaîne de doubles octets à 0 peut être raccourcie par ::
- Chaque autre double octet à 0 peut alors être remplacé par :0:
- On peut aussi omettre tout 0 de début de champ (exemple avec 0db8 → db8)

Protocole IPv6 (3)

IPv6 Header



IPv4 Header



Legend

- Fields **kept** in IPv6
- Fields **kept** in IPv6, but name and position changed
- Fields **not kept** in IPv6
- Fields that are **new** in IPv6

Références

- Ancien cours « Téléinformatique » (G. Waeber, S. Paccard, Q. Vaucher, N. Wirth).
- Ancien cours « Téléinformatique » (M. Roch-Neirey).