

La couche Internet – protocole IP

1) Rôles de la couche réseau

Le réseau **Internet** (*Interconnected Network*) est une interconnexion de réseaux. Chaque réseau d'Internet utilise le protocole **TCP/IP**.

Le rôle de la couche internet, qui utilise Le protocole **IP** (*Internet protocol*) est l'interconnexion des réseaux, qui se fait à l'aide de **routeurs**. Les routeurs déterminent le parcours des données et l'adressage logique.

On distingue deux fonctions principales :

- la **retransmission (forwarding)** : quand un paquet arrive en entrée du routeur, le routeur doit recopier le paquet sur la liaison de sortie adéquate
- le **routage (routing)** : le réseau doit déterminer le chemin à prendre par les paquets pour aller du poste émetteur au poste récepteur. Ces chemins sont calculés par des **algorithmes de routage**.

Le protocole IP fonctionne en mode **datagramme** : chaque paquet (datagramme) est routé indépendamment des autres.

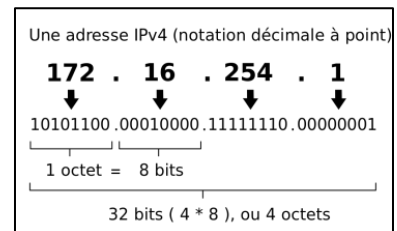
Chaque interface d'accès au réseau possède une adresse de niveau 2 (adresse MAC 48bits pour carte Ethernet) et une adresse de niveau 3 (adresse IP). Il existe des adresses IP de version 4 (IPv4) sur 32 bits, et de version 6 (IPv6) sur 128 bits.

Une adresse IP est constituée de deux parties : l'adresse du réseau (net-id) et l'adresse de la machine (host-id), elle permet donc de distinguer une machine sur un réseau. Deux machines se trouvant sur un même réseau possèdent la même adresse réseau mais pas la même adresse machine.

2) Adressage IP v4

Une adresse IP est un entier écrit sur quatre octets, elle peut donc prendre des valeurs entre 0 et $2^{32} - 1$. Pour plus de commodité, on note les adresses en donnant les valeurs de chaque octet séparées par des points.

L'entier 10101100000100001111111000000001
s'écrit : 10101100 00010000 11111110 00000001
et devient : 172.16.254.1



a) Masques réseau

Le découpage en deux parties est effectué en attribuant certains bits d'une adresse à la partie réseau et le reste à la partie machine. Il est représenté en utilisant un « masque réseau » où sont placés à 1 les bits de la partie réseau et à 0 ceux de la partie machine.

Chaque réseau IP a une adresse qui est celle obtenue en mettant tous les **bits de l'host-id à 0**.

Par exemple 207.142.131.245 est une adresse IP et 255.255.255.0 un masque réseau indiquant que les trois premiers octets (les 24 premiers bits) sont utilisés pour adresser le réseau et le dernier octet (les 8 derniers bits) pour la machine.

207.142.131.245 → 11001111 10001110 10000011 11110101

255.255.255.0 → 11111111 11111111 11111111 00000000

207.142.131.245/255.255.255.0 désigne la machine d'adresse 245 sur le réseau d'adresse 207.142.131.0

Lorsque les bits du masque réseau sont contigus, on utilise une notation plus courte :

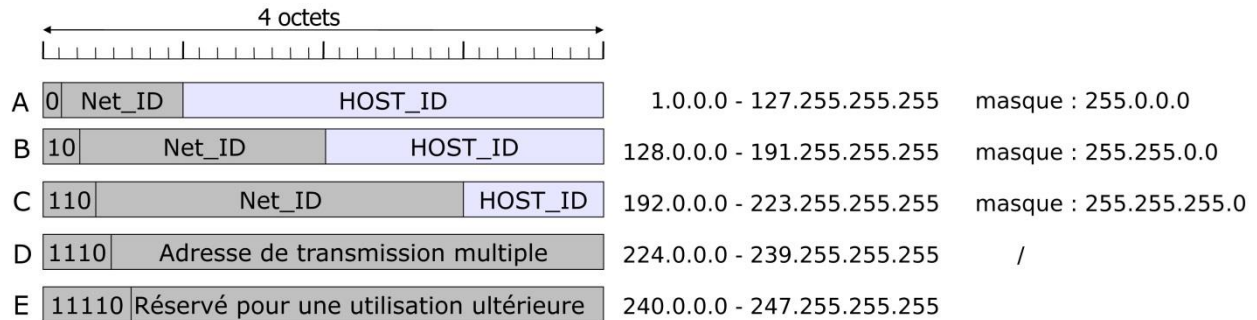
IP/nombre de bits à 1

207.142.131.245/255.255.255.0 peut donc aussi se noter 207.142.131.245/24

203.0.113.4/255.255.240.0 peut se noter 203.0.113.4/20

b) Classes d'adresse

Il existe différentes « classes d'adresses ». À chacune de ces classes correspond un masque différent :



Les adresses de classe A permettent de créer des réseaux avec plus de machines.

Il y a beaucoup plus de réseaux de classe C possibles que de réseaux de classe A ou B.

La classe D est une classe utilisée pour le « multicast » (envoi à plusieurs destinataires).

La classe E est réservée.

Classe A : 128 réseaux et 16 777 216 hôtes par réseau.

Classe B : 16384 réseaux et 65 535 hôtes par réseau.

Classe C : 2 097 152 réseaux et 256 hôtes par réseau.

Les premiers bits d'une adresse IPv4 permettent d'identifier sa classe et par conséquent son masque.

c) Sous réseaux

Il est possible de découper un réseau en sous-réseaux en utilisant un **masque de sous-réseau**. Un masque de sous-réseau permet d'attribuer des bits supplémentaires à la partie réseau d'une adresse IP.

Supposons que l'on dispose d'une adresse de classe C, elle permet normalement d'adresser 254 machines avec le masque 255.255.255.0. Il est possible de découper ce réseau en deux sous réseaux de 126 machines avec le masque 255.255.255.128 (128 = 10000000).

La notation 91.198.174.2/19 désigne donc l'adresse IP 91.198.174.2 avec le masque 255.255.224.0, et signifie que les 19 premiers bits de l'adresse sont dédiés à l'adresse du sous-réseau, et le reste à l'adresse de l'ordinateur hôte à l'intérieur du sous-réseau.

Adresse IPv4	91.198.174.2	01011011.11000110.10101110.00000010	
Masque de sous-réseau	255.255.224.0	11111111.11111111.11100000.00000000	19 bits à 1
Adresse du sous-réseau	91.198.160.0	01011011.11000110.10100000.00000000	
Adresse de l'hôte	0.0.14.2	00000000.00000000.00001110.00000010	

Deux adresses IP appartiennent à un même sous-réseau si elles ont en commun les bits du masque de sous-réseau.



d) Exemple de découpage en sous-réseaux

Un administrateur gère un réseau 192.44.78.0/24.

11000000.00101100.01001110.00000000

Il souhaite découper ce réseau en quatre sous-réseaux. Pour cela, il réserve les deux premiers bits de l'identifiant machine pour identifier ses nouveaux sous-réseaux. Toute adresse IP d'un même sous-réseau aura donc 24 bits en commun ainsi que les deux bits identifiant le sous-réseau.

Le masque de sous-réseau peut ainsi être codé de la façon suivante :

11111111.11111111.11111111.11000000 en binaire, ce qui correspondra à 255.255.255.192 en décimal.

Les sous-réseaux seront :

192.44.78.0/26 (les adresses de 192.44.78.0 à 192.44.78.63)

de 11000000.00101100.01001110.00000000 à 11000000.00101100.01001110.00111111

192.44.78.64/26 (les adresses de 192.44.78.64 à 192.44.78.127)

de 11000000.00101100.01001110.01000000 à 11000000.00101100.01001110.01111111

192.44.78.128/26 (les adresses de 192.44.78.128 à 192.44.78.191)

de 11000000.00101100.01001110.10000000 à 11000000.00101100.01001110.10111111

192.44.78.192/26 (les adresses de 192.44.78.192 à 192.44.78.255)

de 11000000.00101100.01001110.11000000 à 11000000.00101100.01001110.11111111

62 adresses de chaque sous-réseau seront utilisables.

e) Deuxième exemple de découpage

Un administrateur gère un réseau 134.214.0.0 et de masque 255.255.0.0. Il souhaite découper ce réseau en 8 sous-réseaux. Calcul du masque et de l'adresse de chaque sous-réseau :

Calcul du masque

On veut découper le réseau en 8. Or $8 = 2^3$. Le masque de chaque sous-réseau est obtenu en ajoutant 3 bits à 1 au masque initial.

Le nouveau masque comprendra donc 19 bits à 1 suivis de 13 bits à 0. Il correspond à 255.255.224.0.

Calcul du net-id de chaque sous réseau

Le net-id de chaque sous-réseau sera constitué de 19 bits.

Les 16 premiers bits seront ceux de l'écriture binaire du préfixe d'adresse 134.214 ;

Les 3 bits suivants seront constitués du numéro du sous-réseau :

000 (0), 001 (1), 010 (2), 011 (3), 100 (4), 101 (5), 110 (6) ou 111 (7).

Calcul de l'adresse de chaque sous-réseau

Pour obtenir l'adresse réseau, tous les bits du host-id sont positionnés à 0. On obtient donc comme adresse pour chaque sous-réseau :

134.214.(000 00000).0 soit 134.214.0.0

134.214.(100 00000).0 soit 134.214.128.0

134.214.(001 00000).0 soit 134.214.32.0

134.214.(101 00000).0 soit 134.214.160.0

134.214.(010 00000).0 soit 134.214.64.0

134.214.(110 00000).0 soit 134.214.192.0

134.214.(011 00000).0 soit 134.214.96.0

134.214.(111 00000).0 soit 134.214.224.0.

f) Adresse de broadcast

L'adresse de broadcast permet à une machine d'envoyer un datagramme à toutes les machines d'un réseau. Cette adresse est celle obtenue en mettant tous les bits de l'host-id à 1.

Par exemple, le réseau 200.150.17 /255.255.255.0 a comme adresse de broadcast 200.150.17.255.

g) Format d'un paquet IPv4

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Version				Header Length			Type of Service					Total Length																			
Identification											Flags			Fragment Offset																	
TTL					Protocol					Checksum																					
Source IPv4 Address																															
Destination IPv4 Address																															
Options (if header length > 5) + Padding																															
DATA																															

Total Length contient la longueur complète du paquet en nombre d'octets.

TTL (*Time To Live*) indique la durée de vie maximale du paquet. Ce champ est décrémenté de 1 à chaque routeur traversé.

Protocol contient le numéro du protocole de la couche transport auquel il faudra remettre le paquet.

Checksum est un code de détection d'erreur.

h) Routage IP

La première étape est de déterminer si le destinataire et la source sont sur le même réseau.

Dans le cas où la source et le destinataire se trouvent sur un réseau différent il faut passer par un routeur. Le paquet IP est encapsulé dans une trame de niveau 2 (ethernet ou wifi par exemple) jusqu'au routeur qui décapsule le paquet IP et confronte l'adresse avec une **table de routage**. Le paquet IP peut ainsi traverser de nombreux routeurs avant d'atteindre sa destination.

Chaque routeur (et hôte) possède une table de routage et en fonction de l'adresse destination, il choisit l'entrée qui correspond le mieux et réémet le paquet sur l'interface en sortie correspondante.

3) Adressage IP v6

Une adresse IPv6 est longue de 128 bits, soit 16 octets. IPv6 a été principalement développé en réponse à la demande d'adresses Internet qu'IPv4 ne permettra pas de contenir. Avec IPv6, le nombre d'adresses peut être considéré comme illimité (à l'échelle de la planète).

En IPv6 la notation décimale des adresses IPv4 est abandonnée au profit d'une écriture hexadécimale, où les 8 groupes de 2 octets sont séparés par un signe « : »

Exemple : « 2001:db8:0:85a3:0:0:ac1f:8001 »,

qui peut aussi s'écrire « 2001:db8:0:85a3::ac1f:8001 » (:0:0: est remplacé par ::).