

Réseaux 4

La couche réseau

Juliusz Chroboczek

27 septembre 2020

Rappel : 5 couches numérotées de 1 à 7 :

Application	(7)
Transport	(4)
Internet ou Réseau	(3)
Lien	(2)
Physique	(1)

Couche lien

C'est la **couche de convergence** :
il n'y a qu'un protocole à la couche 3.
(**Mais c'est pas vrai** — IPv4 et IPv6.)

Utilise le service fourni par la couche lien.

Fournit un service à la couche transport :

- transmission de **paquets** ;
- **de bout-en-bout** ;
- de manière **non fiable**.

La couche réseau fournit donc **le même service que la couche lien**. La couche réseau **recolle les liens** pour construire un internet.

Adressage

Chaque **interface** (prise réseau) est affectée une **adresse** globalement unique. (**Mais c'est pas vrai.**)

- En **IPv4** : adresses de **32 bits**
4 milliards d'adresses possibles (**épuisé**).
- En **IPv6** : adresses de **128 bits**
 ∞ adresses possibles.

Adressage IPv4

Une **adresse IPv4** est une chaîne de 32 bits (4 octets), notée comme 4 nombres décimaux :

134.157.168.57

Adresses spéciales :

- 0.0.0.0 est l'**adresse indéfinie** : sert dans les API à représenter « pas d'adresse », n'apparaît jamais sur le fil ;
- 127.0.0.1 est l'**adresse loopback** : « cet hôte-ci » ;
- 255.255.255.255 est l'**adresse broadcast** : « tous les hôtes du lien local » (lequel?).

Adressage IPv6

Une **adresse IPv6** est une chaîne de 128 bits (16 octets), notée comme 8 nombres hexadécimaux :

2001:660:3301:8061:21c:25ff:feef:7973

Une suite de zéros peut être omise :

2001:660:3301:8063:0:0:0:1 \equiv 2001:660:3301:8063::1

Adresses spéciales :

- :: est l'**adresse indéfinie** ;
- ::1 est l'**adresse *loopback***.

Pas d'adresse *broadcast* : le mécanisme de multidiffusion est différent.

Préfixes

Préfixe : ensemble d'adresses dont

- la taille est une puissance de deux
- la première adresse est un multiple de la taille.

Exemple : préfixe de taille 2^7 :

{134.157.168.0, 134.157.168.1, ... 134.157.168.127}

25 bits constants, 7 bits variables.

25 est la **longueur** du préfixe.

Préfixe long = ensemble petit.

Notation : première adresse / longueur :

- 134.157.168.0/25
- 2001:660:3301:8061::/64

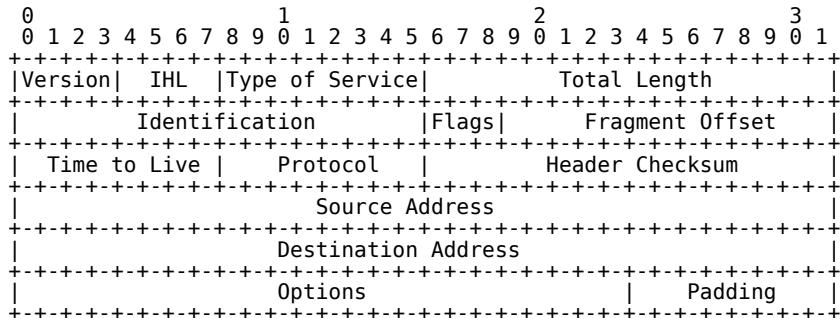
Sous-réseaux

Sous-réseau : ensemble des nœuds sur un lien.

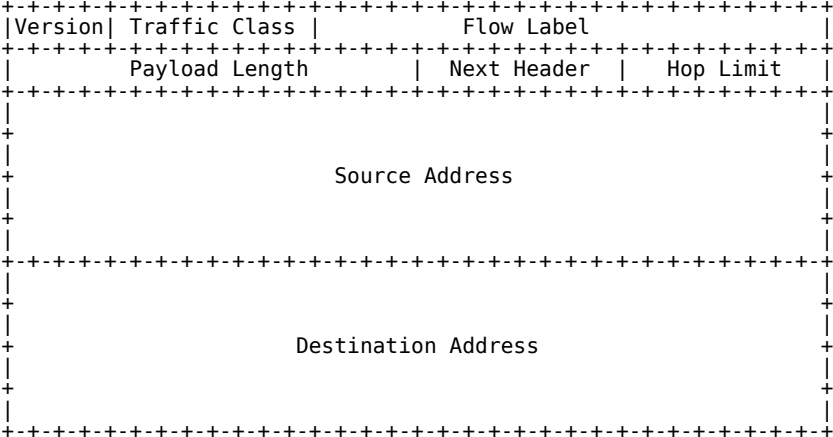
Architecture Internet : on affecte un **préfixe** à un **sous-réseau**. (Ou plusieurs préfixes.)

Essentiel pour le passage à l'échelle.

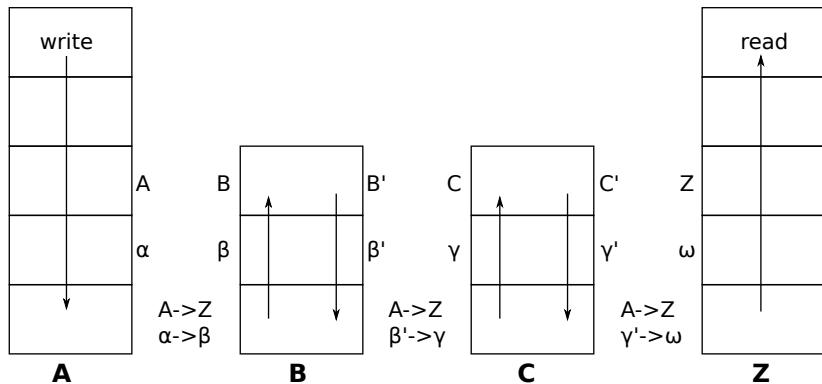
Format des paquets IPv4



Format des paquets IPv6



Opération : vue d'ensemble



Vue d'ensemble : résumé

À retenir :

- adresses de couche réseau **de bout en bout**,
adresses de couche lien **locales au lien** :
 - adresses IP ne changent pas lors du transfert;
 - adresses MAC changent à chaque saut;
- dans un routeur intermédiaire, le paquet ne monte que **jusqu'à la couche réseau** :
 - conceptuellement, les routeurs ne contiennent que trois couches.

Réception d'un paquet

Le **récepteur** d'un paquet :

- vérifie **checksum** et **TTL** ;
- destiné au nœud local ?
 - si oui, consulte le champ **Protocol**,
transmet à la couche transport ;
- $TTL := TTL - 1$;
- vérifie **TTL** de nouveau ;
- réémet le paquet.

Émission d'un paquet

Deux raisons : généré localement ou réémis.

L'émetteur d'un paquet :

- détermine interface sortante et adresse IP
routage ;
- détermine adresse de couche lien
découverte de voisins ;
- passe le paquet à la couche lien.

Découverte de voisins : ARP et ND

Un nœud qui veut joindre un voisin :

- connaît son adresse IP ;
- doit déterminer son adresse de couche lien.

C'est la **découverte de voisins**.

Manipule adresses de couche réseau et de couche lien :
conceptuellement **entre deux couches**.

Implémenté

- à la couche lien en IPv4 : **ARP** ;
- à la couche réseau en IPv6 : **ND**.

ARP sera étudié en TD.

Protocole de contrôle : ICMP

Internet Control Message Protocol (ICMP).

- transmet les **indications d'erreur** :
 - pas de route vers la destination,
 - paquet trop gros,
 - ...
- implémente des **messages de débogage** :
 - ping (« *echo request and reply* »);
 - traceroute.

ICMP est **obligatoire** : certains des algorithmes de couche transport échouent si ICMP est bloqué.

(Les administrateurs qui bloquent ICMP seront les premiers contre le mur lorsque la révolution viendra.)

(Juste avant les administrateurs qui bloquent l'UDP sortant.)

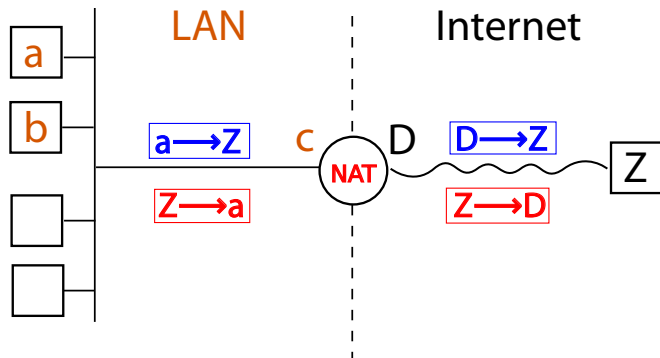
NAT : traduction d'adresses

Il y a $2^{32} \approx 4 \times 10^9$ adresses IPv4.
Elles sont **épuisées** depuis 2011.

Solution propre : passage à IPv6.

Solution problématique : traduction d'adresses (NAT).

NAT : fonctionnement



NAT : conséquences

L'utilisation du NAT a des **conséquences négatives** :

- L'internet est divisé en riches (qui peuvent **mettre en place des serveurs**) et pauvres (qui ne peuvent pas) :
 - « Minitel 2.0 ».
- Les routeurs ont **connaissance de la couche transport** :
 - ossification de l'Internet.
- Il y a de **l'état à l'intérieur du réseau** :
 - pas de résilience aux pannes ;
 - pas de possibilité de *multihoming*.
- Les adresses IP ne sont **plus de bout-en-bout** :
 - inutilisables à la couche application.

Vivement qu'on passe à IPv6 !