

# Protocoles & environnement internet

## Protocoles IPv4, ICMP, IPv6

<http://comem.trucmu.ch/protoenv>

Benoît Terradillos | [benoit.terrardillos@heig-vd.ch](mailto:benoit.terrardillos@heig-vd.ch)

1

---

---

---

---

---

---

---

---

## Couche réseau

- Comment faire fonctionner cette couche?
  - Internet Protocol (IP)
  - Tables de routage
- Contrôle du fonctionnement :
  - Internet Control Message Protocol (ICMP)

2

---

---

---

---

---

---

---

---

## IP : Internet Protocol

- Réseau: Couche 3 (OSI) => Couche 2 (IM)
- Datagrammes IP:
  - paquets transmis individuellement
  - transmission de proche en proche (hop by hop)
- Peut fonctionner sur "n'importe quoi"
- Non fiable

3

---

---

---

---

---

---

---

---

## IP : Internet Protocol

- "Best effort": travaille "de son mieux"
- Destruction des paquets si nécessaire en cas de surcharge ou de problèmes
- Livraison sans ordre déterminé
- Ne va pas conserver d'état pour chaque flux de données (connection-less)

4

---

---

---

---

---

---

---

---

## IP : Internet Protocol

- Tente d'éviter les boucles infinies
- Va fractionner les paquets s'ils sont trop longs
- Somme de contrôle (checksum) sur l'en-tête
- Ouverture possible à des nouveautés

5

---

---

---

---

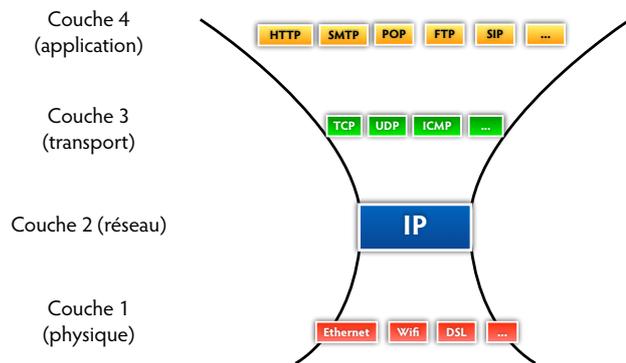
---

---

---

---

## IP : Internet Protocol



6

---

---

---

---

---

---

---

---

## IP : Routing

- Les routeurs doivent transmettre plus loin (hop-by-hop) les paquets
- Algorithmes permettant cette transmission
- Ils utilisent des tables de routage (locales) qui sont configurées par les techniciens réseau, en fonction des routeurs environnants.

7

---

---

---

---

---

---

---

---

## ICMP : Internet Control Message Protocol

- Transport: Couche 4+5 (OSI) => Couche 3 (IM)
- Objectifs:
  - Communication d'informations de la couche réseau entre hôtes et routeurs
  - Remontée des situations d'erreurs
  - Aide au diagnostic des problèmes

8

---

---

---

---

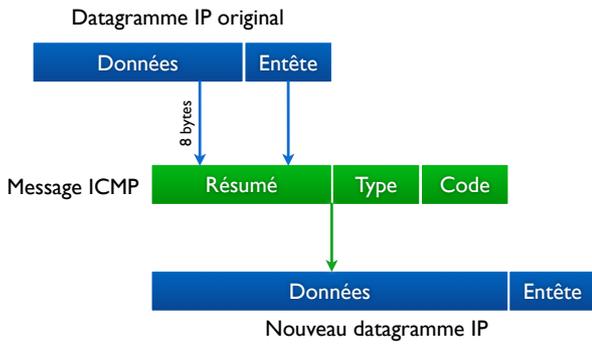
---

---

---

---

## ICMP : encapsulation



## ICMP : Types et codes

type	code	description
0	0	Réponse Echo (ping)
3	0	Réseau de destination inaccessible
3	1	Hôte de destination inaccessible
3	3	Port de destination inaccessible
8	0	Demande Echo (ping)
11	0	TTL expiré (traceroute)

Liste exhaustive: RFC 792

## ICMP : utilisation

- Ping
  - envoi d'un message ICMP 8-0
  - réception d'un message ICMP 0-0
- Traceroute (tracert sur Windows)
  - envoi de messages UDP avec TTL incrémentés successivement
  - réceptions successives de message ICMP 11-0 de chacun des routeurs

## IPv4

- 32 bits =>  $2^{32}$  adresses => 4'294'967'296
- C'était largement suffisant dans les années 80 (Internet n'était constitué que de centaines de noeuds)
- Clairement insuffisant aujourd'hui, même si seulement 1/3 des adresses sont effectivement utilisées
- Des trucs doivent être utilisés pour permettre l'accès au plus grand nombre: NAT

## IPv4 : représentation

- adresses représentées par 4 blocs de 8 bits, c'est à dire 4 blocs de nombres entre 0 et 255, séparés par le caractère « . »
  - Exemple: 10.20.30.40
- Pour entrer une adresse IPv4 dans un navigateur, l'inscrire à la place du nom de domaine:
  - Exemple: http://193.134.220.102

13

---

---

---

---

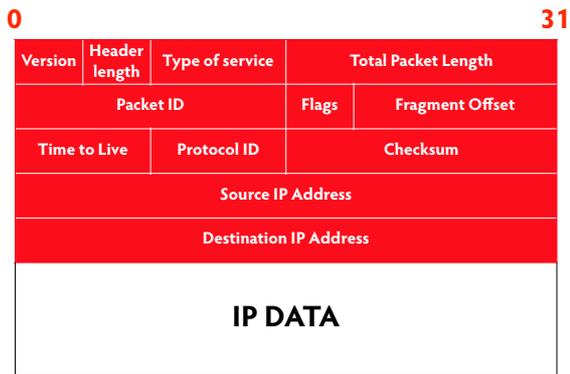
---

---

---

---

## IPv4 : En-tête du Datagram



14

---

---

---

---

---

---

---

---

## IPv4 : classes historiques

- A: 0.0.0.0 - 127.255.255.254 (50%)  
128 réseaux ( $2^8-1$ ) de 16 millions d'hôtes ( $2^{24}$ )
- B: 128.0.0.0 - 191.255.255.254 (25%)  
16'384 réseaux ( $2^{16-2}$ ) de 65'536 hôtes ( $2^{16}$ )
- C: 192.0.0.0 - 223.255.255.254 (12.5%)  
2 millions de réseau ( $2^{24-3}$ ) de 256 hôtes ( $2^8$ )
- D: 224.0.0.0 - 239.255.255.254 (6.25%)
- E: 240.0.0.0 - 255.255.255.255 (6.25%)

15

---

---

---

---

---

---

---

---

## IPv4 : réseaux locaux (LAN)

- A: 10.0.0.0 - 10.255.255.255  
24 bits - 1 réseau de 16 millions d'adresses
- B: 172.16.0.0 - 172.31.255.255  
20 bits - 16 réseaux de 65'536 adresses
- C: 192.168.0.0 - 192.168.255.255  
16 bits - 256 réseaux de 256 adresses

16

---

---

---

---

---

---

---

---

### IPv4 : masque de sous-réseau

- Le masque de sous-réseau permet de dissocier la partie d'une IP identifiant le réseau de celle identifiant la machine.
- Il permet de déterminer si 2 adresses IP font partie du même réseau.
- Lors du transit de datagrammes d'une IP source à une IP de destination, si les 2 IPs ne font pas partie du même réseau, les paquets doivent passer par un routeur.

---

---

---

---

---

---

---

---

### IPv4 : masque de sous-réseau

- Il peut être représenté par plusieurs notations:
  - binaire: 1111 1111 1111 1111 1111 1111 0000 0000
  - décimale: 255.255.255.0
  - cidr: /24
- En appliquant l'opérateur AND binaire entre les bits du masque et ceux de l'adresse IP, on obtient l'adresse IP du réseau.

---

---

---

---

---

---

---

---

### IPv4 : adresse du réseau

Est-ce que 192.168.1.32 est dans le même réseau que 192.168.2.18 avec le masque 255.255.255.0 ?

```

192.168.1.32 => 1100 0000 . 1010 1000 . 0000 0001 . 0010 0000
255.255.255.0 => 1111 1111 . 1111 1111 . 1111 1111 . 0000 0000
-----
192.168.1.0  <= 1100 0000 . 1010 1000 . 0000 0001 . 0000 0000

```

```

192.168.2.18 => 1100 0000 . 1010 1000 . 0000 0010 . 0001 0010
255.255.255.0 => 1111 1111 . 1111 1111 . 1111 1111 . 0000 0000
-----
192.168.2.0  <= 1100 0000 . 1010 1000 . 0000 0010 . 0000 0000

```

=> NON

---

---

---

---

---

---

---

---

### IPv4 : adresse du réseau

Est-ce que 10.100.1.18 est dans le même réseau que 10.97.2.37 avec le masque 255.248.0.0 ?

```

10.100.1.18  => 0000 1010 . 0110 0100 . 0000 0001 . 0001 0010
255.248.0.0  => 1111 1111 . 1111 1000 . 0000 0000 . 0000 0000
-----
10.96.0.0    <= 0000 1010 . 0110 0000 . 0000 0000 . 0000 0000

```

```

10.97.2.37   => 0000 1010 . 0110 0001 . 0000 0010 . 0010 0101
255.248.0.0  => 1111 1111 . 1111 1000 . 0000 0000 . 0000 0000
-----
10.96.0.0    <= 0000 1010 . 0110 0000 . 0000 0000 . 0000 0000

```

=> OUI

---

---

---

---

---

---

---

---

## IPv4 : localhost & broadcast

- L'adresse locale d'une machine permet de faire des connexions IP en local et est, par convention, toujours l'adresse 127.0.0.1 (localhost).
- L'adresse de broadcast permet d'envoyer un message à tous les hôtes du même réseau que celui de l'expéditeur sans avoir besoin de les connaître au préalable.
  - Appliquer l'opérateur OR binaire entre l'inverse du masque de sous-réseau et les bits de l'adresse IP.

21

---

---

---

---

---

---

---

---

## IPv4 : adresse de broadcast

Qu'elle est l'adresse de broadcast de 192.168.1.32/24 ?

```
192.168.1.32 => 1100 0000 . 1010 1000 . 0000 0001 . 0010 0000
255.255.255.0 inv 0000 0000 . 0000 0000 . 0000 0000 . 1111 1111
-----
192.168.1.255 <= 1100 0000 . 1010 1000 . 0000 0001 . 1111 1111
```

Qu'elle est l'adresse de broadcast de 10.97.2.37/13 ?

```
10.97.2.37 => 0000 1010 . 0110 0001 . 0000 0010 . 0010 0101
255.248.0.0 inv 0000 0000 . 0000 0111 . 1111 1111 . 1111 1111
-----
10.103.255.255 <= 0000 1010 . 0110 0111 . 1111 1111 . 1111 1111
```

22

---

---

---

---

---

---

---

---

## IPv4 : adresses "lien-local"

- Si un hôte ne parvient pas à obtenir une adresse IP (via DHCP par exemple) il s'alloue automatiquement une adresse IP de lien local:
  - de 169.254.1.0 à 169.254.254.255
- Ces adresses ne peuvent être utilisées que pour les communications sur le réseau local (pas de routage possible)

23

---

---

---

---

---

---

---

---

## IPv6

- 128 bits =>  $2^{128}$  adresses =>  $3.4 \times 10^{38}$
- Représente 15 milliards d'internets IPv4 par centimètres carrés de la surface de la terre.
- l'adoption est lente car elle nécessite des changements dans l'infrastructure d'internet.
- Janvier 2020 ([google.com/intl/en/ipv6/statistics.html](https://google.com/intl/en/ipv6/statistics.html)) :
  - 31.17% des accès mondiaux à Google
  - 46.61% des accès suisses à Google

24

---

---

---

---

---

---

---

---

## IPv6 : représentation

- adresses représentées par 8 blocs de 16 bits, c'est à dire 8 blocs de 4 chiffres hexadécimaux de 0 à f séparés par le caractère « : »  
Exemple: 2a00:1450:4002:804:0:0:0:1018
- le 1er bloc de 0 contigus peut être résumé par ::  
Exemple: 2a00:1450:4002:804::1018
- Pour entrer une adresse IPv6 dans un navigateur, l'encadrer par des [ ]  
Exemple: http://[2a00:1450:4002:804::1018]

---

---

---

---

---

---

---

---

## IPv6

- IPv6 permet de s'affranchir de la nécessité de gérer des réseaux locaux.
- Le début de l'adresse (généralement les 64 premiers bits) permet d'identifier le réseau, la fin de l'adresse permet d'identifier la machine.
- L'en-tête des datagrammes IPv6 a été simplifié par rapport à IPv4 et se base sur des extensions optionnelles pour ajouter des fonctionnalités.

---

---

---

---

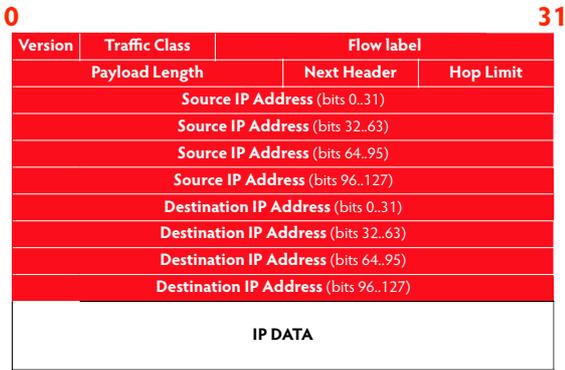
---

---

---

---

## IPv6 : En-tête du Datagram




---

---

---

---

---

---

---

---

## IPv6 : localhost & lien-local

- L'adresse IPv6 localhost d'une machine permet de faire des connexions IP en local et est par convention l'adresse 0:0:0:0:0:0:0:1 ou ::1
- Les adresses IPv6 de lien local débutent par convention par le préfixe fe80:0:0:0 (64 bits) Les 64 bits suivants sont attribués en se basant sur les 48 bits de l'adresse MAC de la machine. Elles ne peuvent être utilisées que pour les communications sur le réseau local (pas de routage possible)

---

---

---

---

---

---

---

---

- Les communications - Collection "Le monde des ordinateurs", Éditions Time-Life (ISBN 2-7344-405-2)
- Wikipedia
- "An Introduction to Computer Networks", CS144, Stanford University

---

---

---

---

---

---

---