

3.B : Adressage IPv4 et IPv6, VLSM, Sous-Réseaux

Olivier GLÜCK
 Université LYON 1 / Département Informatique
 Olivier.Gluck@univ-lyon1.fr
<http://perso.univ-lyon1.fr/olivier.gluck>

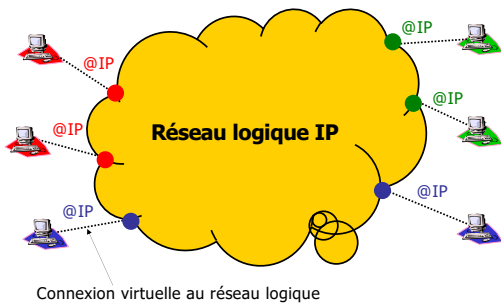
1

Adressage dans l'Internet (IPv4)

Format de l'adresse IPv4
 Les classes d'adressage
 Adresses IP particulières
 Adresses privées et NAT
 Les sous-réseaux
 Adressage géographique (CIDR)

2

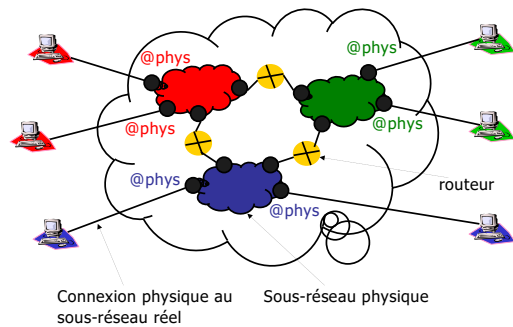
L'Internet du point de vue utilisateur



Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

3

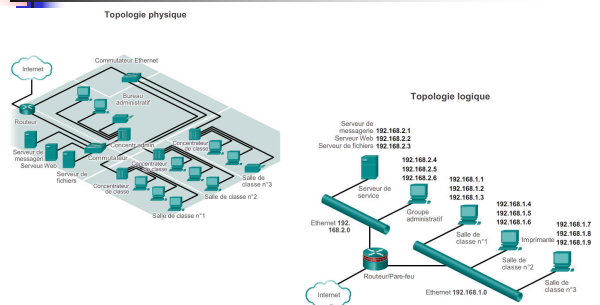
L'Internet du point de vue réel



Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

4

Topologie physique/logique



Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

5

Héxadécimal / Décimal / Binaire

Conversions au format hexadécimal des octets binaires		
Hexadécimal	Décimal	Binaire
00	0	0000 0000
01	1	0000 0001
02	2	0000 0010
03	3	0000 0011
04	4	0000 0100
05	5	0000 0101
06	6	0000 0110
07	7	0000 0111
08	8	0000 1000
0A	10	0000 1010
0F	15	0000 1111
10	16	0001 0000
20	32	0010 0000
40	64	0100 0000
80	128	1000 0000
C0	192	1100 0000
CA	202	1100 1010
F0	240	1111 0000
FF	255	1111 1111

Olivier Glück

6

Format de l'adresse IPv4

- L'internet se décompose en plusieurs réseaux logiques IP
- L'adresse IP est composée de deux champs
 - NET_ID** : identifiant du réseau IP (utilisé pour le routage)
 - HOST_ID** : identifiant de la machine dans le réseau IP

réseau logique IP machine

- Adresse IP = 32 bits = 4 octets (représentée par 4 valeurs décimales [0-255] séparées par un .)
- Exemples : 8.8.8.8 134.214.92.8
0.0.0.0 255.255.255.255

Olivier Glück L1 Math-info UCBL - LIFASR2 : Introduction aux réseaux et au web 7

7

Les classes d'adressage

Classe	Structure	Plage des adresses d'hôtes
A	0 Réseau Hôte	1.0.0.0 à 127.255.255.255
B	10 Réseau Hôte	128.0.0.0 à 191.255.255.255
C	110 Réseau Hôte	192.0.0.0 à 223.255.255.255
D	1110 Adresse multicast	224.0.0.0 à 239.255.255.255
E	11111 Réserve pour une utilisation future	240.0.0.0 à 255.255.255.255

© Pearson Education France

- Les adresses réseaux sont distribuées par un organisme international à but non lucratif : ICANN (Internet Corporation for Assigned Names and Numbers) puis décentralisé au niveau de chaque pays

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux 8

8

Adresses IP particulières

- Diffusions locale et distante
 - 255.255.255.255 : adresse de broadcast sur le réseau IP local (ne passe pas le routeur, traduit en broadcast ARP)
 - <NET_ID><111...111> : adresse de broadcast dirigée vers le réseau de numéro NET_ID (exemple : 132.227.255.255 = diffusion dans le réseau 132.227.0.0 traduit en broadcast ARP par le routeur destination)
- Rebouclage local (*loopback*) : 127.x.y.z
 - généralement 127.0.0.1 (*localhost*)
 - permet de tester la pile TCP/IP locale sans passer par une interface matérielle
- l'adresse 0.0.0.0
 - utilisée par le protocole RARP (@IP de démarrage)
 - adresse de la route par défaut dans les routeurs

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux 9

9

Les adresses privées et le NAT (1)

- Adresses privées (RFC 1918)
 - des adresses qui ne seront jamais attribuées (adresses illégales) et qui ne sont pas routables sur l'Internet
 - classe A : de 10.0.0.0 à 10.255.255.255
 - classe B : de 172.16.0.0 à 172.31.255.255
 - classe C : de 192.168.0.0 à 192.168.255.255
- Si une entreprise qui utilise des adresses privées souhaite tout de même disposer d'une connexion à l'Internet, il faut
 - demande une adresse publique
 - faire des conversions adresse privée <--> adresse publique

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux 10

10

Les adresses privées et le NAT (2)

- NAT (RFC 3022) - Network Address Translator
 - mise en correspondance d'une adresse privée et d'une adresse publique
 - traduction statique ou dynamique (lors de la connexion)
 - une solution au manque d'adresses IP publiques : quelques adresses IP publiques pour beaucoup d'adresses IP privées mais le NAT est coûteux en perf.
- Fonctionnement du NAT
 - une table stockée dans le NAT fait la correspondance entre (@IP_src privée, port_src) et une @IP_public
 - quand le paquet part : @IP_src devient @IP_public, port_src devient la référence de l'entrée dans la table
 - quand la réponse revient : port_dest du paquet permet de retrouver dans la table @IP et port_src

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux 11

11

Les adresses privées et le NAT (3)

LAN de l'entreprise Paquet avant la traduction Paquet après la traduction

10.0.0.1 198.60.42.12

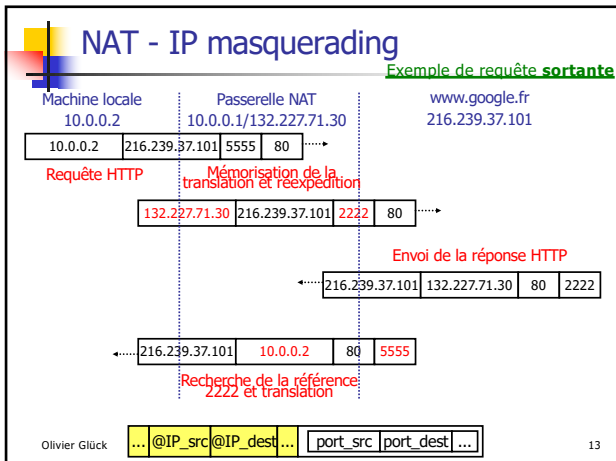
Routeur de l'entreprise Équipement NAT/pare-feu Liaison louée Routeur du FAI

Serveur Frontière du réseau de l'entreprise

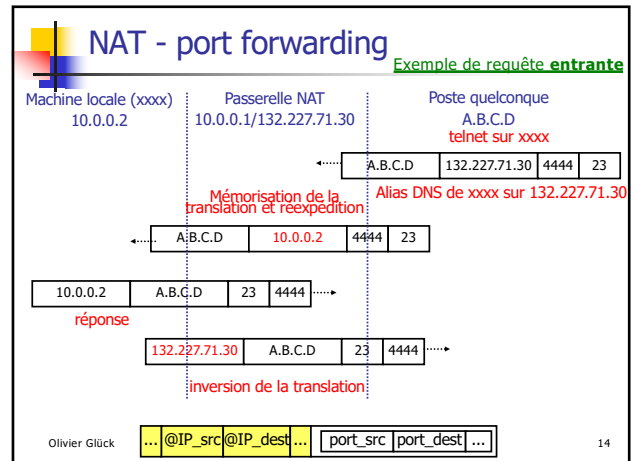
© Pearson Education France

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux 12

12



13



14

Les sous-réseaux (1)

- Une organisation dispose généralement d'une seule adresse de réseau IP mais est composée de plusieurs sites/départements
 - > diviser un réseau IP en plusieurs sous-réseaux
 - > prendre quelques bits de la partie <HOST_ID> de l'adresse IP pour distinguer les sous-réseaux
 - > transparent vis à vis de l'extérieur

NET_ID	SUBNET_ID	HOST_ID
--------	-----------	---------

réseau logique IP de l'organisme

3 sous-réseaux

Olivier Glück | Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux | 15

15

Les sous-réseaux (2)

- Masque de sous-réseau (*Netmask*)
 - l'acheminement se fait en fonction de <NET_ID> et <SUBNET_ID> mais taille de <SUBNET_ID> inconnue
 - > information donnée par le netmask : tous les bits à 1 correspondent à <NET_ID><SUBNET_ID>
- Exemple : 134.214.0.0 attribuée à l'UCBL
 - divisée en 64 sous-réseaux : 134.214.0.0, 134.214.4.0, 134.214.8.0, ..., 134.214.248.0, 134.214.252.0
 - netmask = $255.255.252.0 = /8+8+6 = /22$

Masque de sous-réseau

10	Réseau	Sous-réseau	Hôte
11111111	11111111	11111111	00000000

Adresse de classe B dont 6 bits sont réservés à la numérotation des sous-réseaux

Olivier Glück | Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux | 16

16

Les sous-réseaux (3)

- Détermination du sous-réseau : ET logique avec le netmask

adresse source

NET_1	SUBNET_1	HOST_ID
11111111	11111111	00000000

adresse destination

NET_2	SUBNET_2	HOST_ID
11111111	11111111	00000000

netmask & netmask

11111111	11111111	00000000
----------	----------	----------

?

NET_1	SUBNET_1	00000000
NET_2	SUBNET_2	00000000

le netmask permet de savoir si la machine source et destination sont sur le même sous-réseau

la classe d'adressage permet de savoir si elles sont sur le même réseau

Olivier Glück | Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux | 17

17

L'adressage géographique - CIDR (1)

- Routing inter-domaine sans classe - *Classless InterDomain Routing* - RFC 1519, 1466
 - pour répondre (partiellement) aux problèmes de pénurie d'adresses de classe B et d'explosion des tables de routage
 - idée : allouer les adresses IP restantes sous la forme de blocs de taille variable (sans considération de classe) en tenant compte de la localisation géographique
 - > évite le gaspillage : si un site a besoin de 2000 adresses, 2048 lui sont attribuées
 - > agrégation de routes (plusieurs réseaux peuvent être regroupés sous le même identifiant)
 - > les tables de routage doivent alors contenir un masque de sous-réseau pour l'acheminement (il n'y a pas de masque implicite indiqué par la classe)

Olivier Glück | Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux | 18

18

L'adressage géographique - CIDR (2)

- Exemple d'agrégation de 2 adresses de classe C :
 - une entreprise a besoin de 510 adresses IP -> deux adresses de classe C
 - 193.127.32.0 netmask 255.255.255.0
 - 193.127.33.0 netmask 255.255.255.0
 - les réseaux 193.127.32.0 et 193.127.33.0 sont agrégés en 193.127.32.0 netmask 255.255.254.0
 - ce qui se note 193.127.32.0/24 + 193.127.33.0/24 = 193.127.32.0/23 (préfixe/nb_bits du masque à 1)
 - dans une table de routage, cela représente les deux réseaux 193.127.32.0 et 193.127.33.0

193.127.32.0	11000001.01111111.00100000.00000000
193.127.33.0	11000001.01111111.00100001.00000000
193.127.32.0 / 23	11000001.01111111.00100000.00000000

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux 19

19

L'adressage géographique - CIDR (3)

- Allocation géographique des adresses restantes
 - Europe (194-195), Amérique du nord (198-199), Amérique du sud (200-201), Pacifique (202-203), Afrique (99-?)
 - > 194 et 195 ont les 7 premiers bits identiques donc il suffit d'indiquer aux routeurs (hors Europe) : 194.0.0.0/7
- Autres exemples (source L. Toutain)

société	nb d'adresses	nb de classe C	adresse de début	adresse de fin	adresse de début	netmask	netmask en binaire	
A	< 2048	8	192.24.0	192.24.7	192.24.0	255.255.248.0	255.255.1111.1000.0	192.24.0.0/21
B	< 4096	16	192.24.16	192.24.31	192.24.16	255.255.240.0	255.255.1111.0000.0	192.24.16.0/20
C	< 1024	4	192.24.8	192.24.11	192.24.8	255.255.202.0	255.255.1111.1100.0	192.24.8.0/22
D	< 1024	4	192.24.12	192.24.15	192.24.12	255.255.202.0	255.255.1111.1100.0	192.24.12.0/22
E	< 512	2	192.24.32	192.24.33	192.24.32	255.255.254.0	255.255.1111.1110.0	192.24.32.0/23
F	< 512	2	192.24.34	192.24.35	192.24.34	255.255.254.0	255.255.1111.1110.0	20

20

L'adressage géographique - CIDR (4)

- Conclusions
 - il n'y a plus de notion de classes et de sous-réseaux
 - une plage d'adresses est désignée par
 - un "network-prefix" : des bits désignant le réseau
 - un "host-number" : des bits désignant la machine
 - > un réseau est désigné par une adresse IP et une longueur de préfixe réseau
 - 132.227.0.0 n'a pas de sens
 - 132.227.0.0/16 ou 132.227.0.0/23 ont un sens
 - une table de routage peut contenir les deux destinations précédentes : la route avec le préfixe le plus long ("the longest matching network prefix") est choisie si une destination correspond aux deux entrées (ici 132.227.0.0/23)

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux 21

21

Numérotation des sous-réseaux

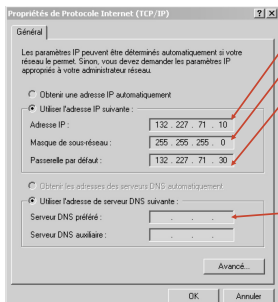
- Peut-on mettre dans SUBNET_ID tous les bits à 1 ou tous les bits à 0 ?
 - exemple : 10.0.0.0 avec netmask 255.192.0.0 (2 bits pour numéroter les sous-réseaux)
 - > 10.0.0.0, 10.64.0.0, 10.128.0.0, 10.192.0.0
- La RFC 950 (1985 - définition des SR) dit que cela n'est pas conseillé car
 - 10.0.0.0 désigne t-il le réseau 10.0.0.0 ou le sous-réseau ?
 - 10.255.255.255 désigne t-il le broadcast sur le réseau 10.0.0.0 ou sur le sous-réseau 10.192.0.0 ?
- Il n'y a plus d'ambiguïté avec CIDR (RFC 1812 - 1995)
 - 10.0.0.0/8 et 10.0.0.0/10 ne désignent pas la même chose
- En pratique, on peut utiliser 10.0.0.0 et 10.192.0.0 !

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux 22

22

Configuration d'une interface réseau (1)

- Pour une machine d'extrémité, il suffit d'indiquer



- Son adresse IP
- Le masque de sous-réseau
- L'adresse IP du routeur par défaut (tous les paquets qui ne sont pas à destination du sous-réseau de la machine sont envoyés vers ce routeur)
- Eventuellement, l'adresse IP d'un serveur de noms pour faire les requêtes DNS

Olivier Glück L1 Math-info UCBL - LIFASR2 : Introduction aux réseaux et au web 23

23

Configuration d'une interface réseau (2)

- Le fait de configurer une interface réseau en lui assignant une adresse IP et un masque ajoute une ligne dans la table de routage qui permet de joindre toutes les machines qui sont dans le même réseau qu'elle
- Par exemple,


```
ip addr add 192.168.9.3/22 dev eth0
ip link set up dev eth0
```
- ajoute la ligne suivante dans la table de routage :

Destination	Masque	Passerelle	Interface
192.168.8.0	255.255.252.0	-	eth0
- La carte eth0 est dans le réseau 192.168.8.0/22 et permet de joindre toutes les machines de 192.168.8.1 à 192.168.11.254 (dernière machine du réseau)

Olivier Glück L1 Math-info UCBL - LIFASR2 : Introduction aux réseaux et au web 24

24

Petits calculs sur les adresses réseaux (1)

- Soit le réseau, $192.168.8.0/23$
Le masque /23 est équivalent à $255.255.254.0$
Il donne la taille du réseau c'est-à-dire le nombre de machines qu'il contient : $2^{(32-23)} - 2 = 510$
En effet, il reste 9 bits pour numérotter les machines du réseau soit 512 adresses mais il faut retirer l'adresse du réseau et l'adresse de diffusion que l'on ne peut pas attribuer à une machine
Adresse du réseau : $192.168.8.0/23$
Adresse de diffusion : $192.168.9.255$
Première machine du réseau : $192.168.8.1$
Dernière machine du réseau : $192.168.9.254$

25

Petits calculs sur les adresses réseaux (2)

- Soit le réseau, $192.168.8.64/27$
La partie réseau de l'adresse est constituée des 3 premiers octets (24 bits) + les bits 2^7 , 2^6 et 2^5 du 4^{ème} octet.
Comme $2^5=32$, les réseaux de taille /27 sont les multiples de 32 dans le dernier octet. $192.168.8.64/27$ est donc bien l'adresse d'un réseau car 64 est un multiple de 32.
L'adresse du réseau suivant est le multiple de 32 suivant soit
Adresse du réseau suivant : $192.168.8.96/27$
Adresse du réseau précédant : $192.168.8.32/27$
Adresse du réseau : $192.168.8.64/27$
Première machine = @réseau+1 : $192.168.8.65$
Dernière machine = @diffusion-1 : $192.168.8.94$
Adresse de diffusion = @réseau_suisant-1 : $192.168.8.95$

26

Le protocole IPv6



Pourquoi l'IPv6 ?

- Espace d'adressage plus important
- Amélioration du traitement des paquets
- Élimination du besoin d'adresses réseau (NAT)

- 4 milliards d'adresses IPv4
4 000 000 000
- 340 undécillions d'adresses IPv6
340 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000

28

Pourquoi IPv6 ?

- La fin d'IPv4 est proche
 - pénurie d'adresses IP et explosion des tables de routage
 - prolongement de quelques années grâce au routage CIDR et au NAT (solutions transitoires)
 - besoin d'un nouveau protocole mais suppose de le déployer sur tous les nœuds de l'Internet actuel !
- L'IETF, en 1990, élabore les souhaits d'un nouveau protocole et fit un appel à propositions
- 1993 : IPv6 est née de propositions combinées (Deering et Francis) - RFC 2460 à 2466

29

Les adresses IPv6

- Comportent 128 bits, sous la forme d'une chaîne de valeurs hexadécimales
- Dans l'adressage IPv6, 4 bits représentent un seul chiffre hexadécimal, 32 valeurs hexadécimales = adresse IPv6

2001:0DB8:0000:1111:0000:0000:0200
FE80:0000:0000:0000:0123:4567:89AB:CDEF

- Un hextet fait référence à un segment de 16 bits ou quatre hexadécimales
- Peuvent être écrites en minuscules ou en majuscules

30

L'adressage (1)

- Adressage hiérarchique pour alléger les tables de routage

Public	Site	Interface_ID
--------	------	--------------

- un préfixe de localisation - public - 48 bits
 - un champ de topologie locale (subnet) - 16 bits
 - un identifiant de désignation de l'interface (basé sur l'@MAC) sur 64 bits (équivalent HOST_ID) qui garantit l'unicité de l'adresse
- Notation : groupes de 4 chiffres hexadécimaux séparés par :
 - ex : 8000:0000:0000:0000:0123:4567:89AB:CDEF
 - :: représente un ou plusieurs groupes de 0000
 - ex : 8000::123:4567:89AB:CDEF

Olivier Glück

Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

31

31

L'adressage (2)

- Trois types

- adresses unicast : désigne une interface
- adresses multicast (FF00::/8) : désigne un ensemble d'interfaces (localisées n'importe où)
- adresses anycast :
 - restriction du multicast
 - désigne un ensemble d'interfaces partageant un même préfixe réseau
 - n'est délivré qu'à une interface du groupe (celle dont la métrique est la plus proche du nœud source)
- plus d'adresses de broadcast, remplacée par FF02::1

Olivier Glück

Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

32

32

L'adressage (3)

- Adresses particulières

- :: (unspecified address) : équivalent de 0.0.0.0, interface en cours d'initialisation
 - ::1 (loopback address) : équivalent de 127.0.0.1
 - adresses de site local (adresses privées) : commençant par FD00::
 - adresses de lien : commençant par FE80::
- Construction de Interface_ID
@ MAC 00:A0:24:E3:FA:4B
Interface_ID 02A0:24FF:EE3:FA4B (U/L=1, I/G=0)
- Adressage agrégé
 - la partie publique est découpée en différents sous-champs ; un sous-champ est attribué par l'organisme qui s'est vu affecter le champ précédent (assignation hiérarchique)

Olivier Glück

Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

33

33