

Architecture des Réseaux / M1 RID: Chapitre I

Ali Benzerbadj

Ain Temouchent University Belhadj Bouchaïb (ATUBB)

22 octobre 2021

Plan

- 1 Programme
- 2 Modèles en couches
- 3 L'adressage IPv4
- 4 Adressage CIDR

Plan

- 1 Programme
- 2 Modèles en couches
- 3 L'adressage IPv4
- 4 Adressage CIDR

Plan

- 1 Programme
- 2 Modèles en couches
- 3 L'adressage IPv4
- 4 Adressage CIDR

Plan

- 1 Programme
- 2 Modèles en couches
- 3 L'adressage IPv4
- 4 Adressage CIDR

Programme

- ❶ Rappel Modèle TCP/IP
- ❷ Protocoles de la couche IP : ARP/RARP, ICMP, IGMP, adressage avec et sans classe (CIDR), découpage en sous-réseaux, translation (NAT) et (PAT)
- ❸ Routage IP
 - Routage statique
 - Routage dynamique : algorithmes de base (vecteurs de distance et état des liaisons)
 - Notions de Systèmes Autonomes (Autonomous Systems)
 - Routage interne : RIP et OSPF
 - Routage externe : EGP et BGP

- ④ Protocole IPv6
 - Présentation
 - Mécanismes de transition
- ⑤ Couche Transport fiable (TCP), couche transport non fiable (UDP)
- ⑥ Introduction aux services applicatifs TCP/IP
- ⑦ Qualité de service (QoS) dans les Réseaux

Références

- “Computer Networks”, Andrew S. Tanenbaum, David J. Wetherall, 5th Ed., Prentice Hall, 2011
- “Réseaux”, Guy Pujolle, édition 2014, Eyrolles
- “Les réseaux, Principes fondamentaux”, Pierre Rolin et al., Ed. Lavoisier/Hermes

Outils Utilisés

- Simulateur réseaux Packet Tracer Cisco
- Analyseur de trames Réseaux : *Wireshark*
 - [http ://www.wireshark.org/](http://www.wireshark.org/)

Modèles en couches

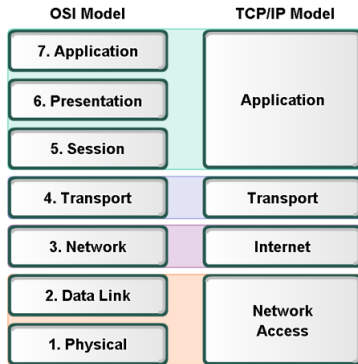


Figure 1 – OSI vs TCP/IP

L'adressage IPv4

- Une adresse IPv4, dite aussi adresse logique, est un numéro d'identification constitué de quatre octets, qui est attribué de façon permanente ou provisoire à chaque carte réseau utilisant le protocole IP.
- L'adresse IP est assignée soit manuellement par l'administrateur du réseau local, soit automatiquement via le protocole DHCP. Si un composant dispose de plusieurs interfaces, chacune de ces interfaces dispose d'une adresse IP spécifique.
- Les adresses IP sont généralement écrites sous forme décimale pointée, c.-à-d. quatre entiers de 0 à 255 séparés par des points.

L'adressage IPv4

Exemple

L'adresse IP 10.0.0.1 est sous forme décimale pointée. Elle est notée en binaire : 00001010.00000000.00000000.00000001

L'adressage IPv4

La suite des 4 octets d'une adresse IPv4 est divisée en deux parties :

- NET-ID : une partie qui désigne l'adresse d'un réseau (*NETwork IDentifier*)
- HOST-ID : une partie qui désigne l'adresse d'une machine hôte (*HOST IDentifier*) sur le réseau désigné par le NET-ID.

L'adressage IPv4

Les adresses IPv4 sont réparties en cinq classes. Les champs NET-ID et HOST-ID ont des longueurs variables, qui dépendent de la classe de l'adresse IP.

- ❶ Classe A (grands réseaux) : Ce sont les adresses dont le bit de poids fort est à 0. Le NET-ID est codé sur le premier octet, et les trois derniers octets représentent le HOST-ID.
 - Plage : de 1.0.0.0 à 127.255.255.255.
- ❷ Classe B (réseaux moyens) : Ce sont les adresses dont les deux bits de poids fort sont 10. Le NET-ID est codé sur 2 octets, et le HOST-ID sur les deux autres octets.
 - Plage : de 128.0.0.0 à 191.255.255.255.

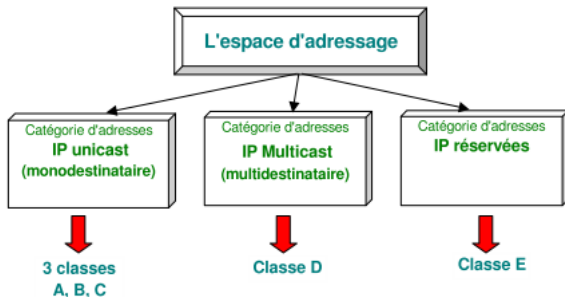
L'adressage IPv4

- ③ Classe C (Petits réseaux) : Ce sont les adresses dont les trois bits de poids forts sont 110. Le NET-ID est alors codé sur les 3 premiers octets et le HOST-ID sur le dernier octet.
 - Plage : de 192.0.0.0 à 223.255.255.255.
- ④ Classe D (Multicast) : Ce sont les adresses dont les quatre bits de poids forts sont 1110. Les 28 bits qui restent désignent dans ce cas un groupe de multicast.
 - Plage : de 224.0.0.0 à 239.255.255.255.

L'adressage IPv4

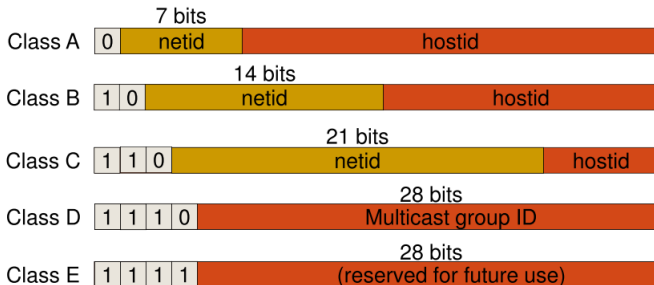
- 5 Classe E (Classe réservée) : Ce sont les adresses dont les cinq bits de poids fort sont 1111. C'est une classe réservée pour des usages futurs.
 - Plage : de 240.0.0.0 à 255.255.255.255.

L'adressage IPv4



(Slide emprunté à Mr B. Kechar Univ. Oran1)

L'adressage IPv4



(Slide emprunté à M.A. IUT Nice Peraldi-Frati Côte d'Azur)

L'adressage IPv4

- ❶ Si le premier bit est 0, l'adresse est de classe A. On dispose de 7 bits pour identifier le réseau et de 24 bits pour identifier l'hôte. On a donc :
 - 127 réseaux (les réseaux de 1 à 127)
 - 16 777 214 hôtes différents ($2^{24} - 2$).
- ❷ Si les deux premiers bits sont 10, l'adresse est de classe B. On dispose de 14 bits pour identifier le réseau et 16 bits pour identifier l'hôte. On a donc :
 - $2^{14} = 16\,384$ réseaux (128.0 à 191.255)
 - 65 534 hôtes différents ($2^{16} - 2$).

L'adressage IPv4

- ③ Si les trois premiers bits sont 110, l'adresse est de classe C. On dispose de 21 bits pour identifier le réseau et 8 bits pour identifier l'hôte. On a donc :
- $2^{21} = 2\,097\,152$ réseaux (de 192.0.0 à 223.255.255)
 - 254 hôtes ($2^8 - 2$).

L'adressage IPv4

- ④ Si les quatre premiers bits de l'adresse sont 1110, il s'agit d'une classe d'adressage spéciale, **la classe D**. Cette classe est prévue pour faire du "multicast", ou multipoint. (RFC 1112)
- ⑤ Si les quatre premiers bits de l'adresse sont 1111, il s'agit d'une classe expérimentale, **la classe E**. Les adresses de classe E sont réservées pour une utilisation future.

L'adressage IPv4

| Classe | Plage d'adresses | Masque S/R par défaut |
|--------|--|-----------------------|
| A | 1.x.y.z à 127.x.y.z 127 réseaux 16 777 214 machines | 255.0.0.0 |
| B | 128.0.x.y à 191.255.x.y 16 384 réseaux 65534 machines | 255.255.0.0 |
| C | 192.0.0.z à 223.255.255.z 2 097 152 réseaux 254 machines | 255.255.255.0 |
| D | 224.0.0.0 à 239.255.255.255 | non défini |
| E | 240.0.0.0 à 247.255.255.255 | non défini |

L'adressage IPv4

Certaines adresses IP sont réservées pour des usages particuliers :

- 255.255.255.255 : adresse de diffusion (broadcast).
- 127.X.Y.Z : adresse de la boucle locale (loopback). Elle permet de tester la pile de protocoles TCP/IP locale d'une machine sans passer par un réseau. Les adresses commençant de 127.0.0.0 à 127.255.255.255 sont réservées pour le bouclage (loopback)
- 0.0.0.0 : valeur qui indique l'absence d'une adresse IP.

L'adressage IPv4

- L'adresse de loopback (127.0.0.1), en Français boucle locale, correspond à une interface fictive présente sur toutes les machines. l'interface de loopback (lo ou lo0) permet à la machine de s'envoyer à elle-même des paquets. on peut ainsi utiliser des applications réseau sans disposer d'interface physique, ou sans qu'elle soit reliée au réseau. On peut par exemple installer les programmes client et serveur d'une application dans la même machine pour aller faire une démonstration chez un (futur) client, ou encore travailler chez soi à la conception d'un site Internet, etc.

- L'adresse de broadcast associée à un réseau correspond à une partie machine dont tous les bits sont à 1. Elle sert en particulier à déterminer quelle adresse physique correspond à une adresse IP donnée : une requête envoyée à l'adresse de broadcast est reçue par toutes les machines, mais seule celle dont l'interface correspond à l'adresse demandée répond.

L'adressage IPv4

Adresses privées non routables vers l'Internet sont (RFC1918) :

- Pour la classe A : de 10.0.0.0 à 10.255.255.255 (01 réseau de la classe A)
- Pour la classe B : de 172.16.0.0 à 172.31.255.255 (16 réseaux de la classe B)
- Pour la classe C : de 192.168.0.0 à 192.168.255.255 (256 réseaux de la classe C)

| Cl. | Bits début | Début | Fin | CIDR | Masq. S/R par déf. |
|-----|------------|-----------|-----------------|------|--------------------|
| A | 0 | 1.0.0.0 | 127.255.255.255 | /8 | 255.0.0.0 |
| B | 10 | 128.0.0.0 | 191.255.255.255 | /16 | 255.255.0.0 |
| C | 110 | 192.0.0.0 | 223.255.255.255 | /24 | 255.255.255.0 |
| D | 1110 | 224.0.0.0 | 239.255.255.255 | | Non défini |
| E | 1111 | 240.0.0.0 | 247.255.255.255 | | Non défini |

L'adressage IPv4

Definition

Le masque réseau est une suite de quatre octets dont les bits correspondant à la partie NET-ID sont à 1, et ceux du HOST-ID sont à 0. En faisant un “*et logique*” bit à bit entre une adresse IP et le masque associé, on obtient l'adresse du réseau auquel il appartient. La paire (adresse IP, masque) peut être représentée en notation CIDR (Classless Inter-Domain Routing) par l'adresse IP suivie d'une barre oblique « / » et le nombre de bits à 1 dans la notation binaire du masque de sous-réseau.

L'adressage IPv4

Exemple

Le masque réseau associé à l'adresse 192.168.1.1 est 255.255.255.0 puisque c'est une adresse de la classe C. En notation CIDR on indiquera les deux (la paire (adresse IP, masque)) comme suit : 192.168.1.1/24. Un "*et logique*" entre 192.168.1.1 et 255.255.255.0 donne l'adresse réseau 192.168.1.0.

Adressage CIDR

L'adressage sans classes (ou adressage CIDR, RFC **1518** et **1519**), est le système de gestion et d'allocation d'adresses IP le plus utilisé actuellement. Il a été conçu pour remplacer l'adressage par classes. Son but s'articule autour de deux points :

- Économiser les adresses IP.
- Faciliter le routage.

CIDR est l'acronyme de Classless Inter Domain Routing ("routage sans classes entre domaines")

Adressage CIDR

Remarque

Comme son nom l'indique CIDR ('Classless Inter Domain Routing') est une approche sans classe. On ne considère plus une adresse comme appartenant implicitement à l'une des trois classes A, B ou C. En CIDR on associe explicitement à toute adresse de réseau IP un masque qui définit le préfixe qui caractérise le réseau auquel correspond cette adresse. Les adresses de réseaux sont donc maintenant toujours utilisées avec leur préfixe qui peut être de taille arbitraire (par exemple /8, /17, /21).

Adressage CIDR

Remarque

Supposons qu'on attribue à une entreprise l'adresse 194.16.0.0 avec le préfixe /21 soit en binaire un masque 11111111 11111111 11111000 0000000000 ou en notation décimale pointée une valeur de masque 255.255.248.0). Cette attribution veut dire que cette entreprise dispose pour son réseau du bloc d'adresse qui s'étend de 194.16.0.0 à 194.16.7.255. Soit l'adresse 194.16.6.23 d'un hôte dans ce réseau à atteindre. En utilisant le masque (défini ici par /21) qui doit toujours être associé à l'adresse on voit que cet hôte doit être atteint au moyen de l'adresse réseau 194.16.0.0. Il faut donc rechercher dans les tables de routage une entrée correspondant à cette adresse de réseau.

Adressage CIDR

L'utilisation de protocoles **classfull** et la fulgurante expansion de l'Internet ont entraîné une augmentation similaire de la taille des tables de routage sur les routeurs des FAI. Dans le but de simplifier les tables de routage, le principe du CIDR (Classless Inter-Domain Routing, ou Routage Inter-domaines sans classes) a été mis en place.

Adressage CIDR

Remarque

- les adresses IP utilisant l'adressage CIDR sont appelées *classless* addresses.
- Les adresses IP *classfull*, *classfull* addresses, désignent les adresses qui utilisent l'adressage par classes.

Adressage CIDR

Supernetting

- S/R 1 : 192.168.0.0/24 soit 11000000. 10101000. 00000000.00000000/24
- S/R 2 : 192.168.1.0/24 soit 11000000. 10101000. 00000001.00000000/24
- S/R 3 : 192.168.2.0/24 soit 11000000. 10101000. 00000010.00000000/24
- S/R 4 : 192.168.3.0/24 soit 11000000. 10101000. 00000011.00000000/24

Adressage CIDR

Agrégation

Nous remarquons que ces quatre subnets ont bien le même préfixe /24 : nous pouvons les fusionner sous un seul préfixe. La route obtenue est la suivante : 192.168.0.0/22 soit 11000000.10101000.00000000.00000000/22.

Adressage CIDR

Méthode

- ➊ Détecter les réseaux ayant le même préfixe : Dans cette étape, nous avons pris quatre réseaux ayant le même préfixe (/24), à savoir, 192.168.0.0, 192.168.1.0, 192.168.2.0 et 192.168.3.0.
- ➋ Convertir les réseaux en binaire
- ➌ Détecter les motifs (le nombre de bits communs) entre les sous-réseaux en binaire
- ➍ Les compter

Adressage CIDR

Voici un exemple montrant l'agrégation de 4 adresses réseau en une seule. Nous allons agréger les 4 réseaux suivants en un seul de manière à simplifier le routage :

192.168.0.0 255.255.255.0 (/24)

192.168.1.0 255.255.255.0 (/24)

192.168.2.0 255.255.255.0 (/24)

192.168.3.0 255.255.255.0 (/24)

Adressage CIDR

Conversion en binaire des 4 adresses :

1100 0000.1010 1000.0000 0000.0000 0000

1100 0000.1010 1000.0000 0001.0000 0000

1100 0000.1010 1000.0000 0010.0000 0000

1100 0000.1010 1000.0000 0011.0000 0000

Adressage CIDR

Nous remarquons que la partie 1100 0000.1010 1000. 0000 00 est commune aux 4 adresses. Le masque de S/R couvrant actuellement les 24 premiers bits et les 22 premiers bits de ces 4 adresses étant commun (le premier bit étant celui dont le poids est le plus fort, donc de gauche à droite), nous réduisons le masque de sous réseau à 22 bits (/22), soit 255.255.252.0 avec l'adresse 192.168.0.0, une fois les bits d'hôtes mis à 0. A présent, une règle de routage s'appliquant au réseau 192.168.0.0 /22, s'applique également aux 4 réseaux dont le masque est /24.

Supernetting (ou surnetting) en IPv4

Supernetting (Summarization/Agrégation)

- Le supernetting IP : est l'opération inverse du subnetting. Il permet d'agréger les adresses IP en une seule ce qui fait réduire les tables de routage.
- Principe : on effectue une opération de ET LOGIQUE entre toutes les adresses IP des machines appartenant au même domaine de diffusion. La partie commune entre les adresse représente la partie NetID. Cette opération nous donne l'adresse agrégée (résumé).

Supernetting (ou surnetting) en IPv4

Supernetting (Summarization/Agrégation)

- 193.127.32.0 / 24 (255.255.255.0) : 32 → 0010 0000
- 193.127.33.0 / 24 (255.255.255.0) : 33 → 0010 0001
- On observe les préfixes des deux réseaux contigus (ils ont 7 bits en commun).
- Dans la table de routage, une seule route représentera les 2 réseaux 193.127.32.0 et 193.127.33.0 qui sont agrégés en 193.127.32.0/23.

Supernetting (ou surnetting) en IPv4

Supernetting (Summarization/Agrégation)

- 193.127.0010 000 0 . 0000 0000
- 193.127.0010 000 1 . 0000 0000
- 193.127.0010 000 0 . 0000 0000 /23 = ET LOGIQUE des deux adresses = NetID

Subnetting

Remarque

- Pour obtenir l'adresse réseau, tous les bits du HOST-ID sont positionnés à 0
- Pour obtenir l'adresse de broadcast, tous les bits du HOST-ID sont positionnés à 1.

Subnetting

Example

- Soit le réseau d'adresse 134.214.0.0/16. On veut le découper en 4 sous-réseaux. Pour chaque sous-réseau, on veut obtenir le masque et l'adresse.
- On veut découper le réseau en 4. Or $4 \leq 2^2$. En conséquence, le masque de chaque sous-réseau est obtenu en ajoutant 2 bits à 1 au masque initial. L'ancien masque : 255.255.0.0 (16 bits à 1 suivis de 16 bits à 0). Le nouveau masque : 255.255.192.0 ($16 + 2 = 18$ bits à 1 suivis de 14 bits à 0).

Subnetting

Example

Calcul de l'adresse de chaque sous-réseau. Pour obtenir l'adresse réseau, tous les bits du HOST-ID sont positionnés à 0 :

- 134.214.(000 00000).0 soit 134.214.0.0
- 134.214.(010 00000).0 soit 134.214.64.0
- 134.214.(100 00000).0 soit 134.214.128.0
- 134.214.(110 00000).0 soit 134.214.192.0

Subnetting

Example

Obtention des adresses de broadcast. Pour obtenir l'adresse de broadcast, on met à 1 tous les bits du HOST-ID :

- 134.214.(001 1111).255 soit 134.214.63.255
- 134.214.(011 1111).255 soit 134.214.127.255
- 134.214.(101 1111).255 soit 134.214.191.255
- 134.214. (111 1111).255 soit 134.214.255.255.

Subnetting

Remarque

Le découpage par classe permet de donner un seul masque pour tous les sous-réseaux, ce qui signifie que tous les sous-réseaux vont avoir le même nombre de machines ce qui n'est pas toujours optimale donc on a : un gaspillage au niveau des adresses de machine et au niveau de nombre de sous-réseaux

Subnetting en IPv4

Exercice

Un réseau de classe B dispose du masque de sous-réseau 255.255.248.0

- Combien de bits ont-ils été empruntés à la partie host-id pour créer des sous-réseaux ?
- En déduire le nombre de sous-réseaux possibles.
- Combien de bits restent-ils à host-id ?
- En déduire le nombre de machines possibles pour chacun des sous-réseaux.

Le VLSM (Variable Length Subnet Mask)

Le VLSM et le CIDR sont deux techniques utilisant les potentialités du routage classless. La technique du VLSM est une évolution de CIDR utilisée en entreprise pour l'adressage d'un réseau ayant une topologie hiérarchique.

Adressage CIDR

Dans les années 90, Internet était en plein développement et la demande d'adresse IP croissait exponentiellement. Les protocoles utilisés alors étaient dits *classfull* (comme RIP v1 et IGRP), c.-à-d qu'ils utilisaient les masques par défaut des classes d'adresse utilisées (255.0.0.0 pour la classe A, 255.255.0.0 pour la classe B et 255.255.255.0 pour la classe C).

Le gaspillage d'adresse IP était alors conséquent et une pénurie d'adresses de classe B s'annonçait. En effet, en *classfull*, le nombre de réseaux et le nombre d'hôtes sont fixes, le masque de sous réseau étant lui-même fixe.

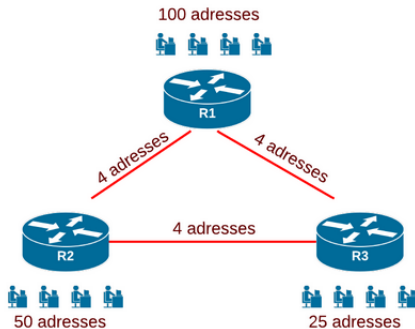
VLSM : Variable Length Subnet Mask

VLSM

Soit l'adresse réseau IPv4 : 195.167.46.0/24. On veut découper ce réseau en trois sous-réseaux :

- LAN de R1 100 PCs,
- LAN de R2 50 PCs,
- LAN de R3 25 PCs.

VLSM

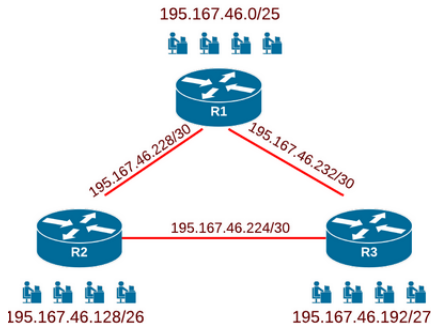


VLSM

On a donc un bloc de 256 adresses (/24). On propose ici de le découper de la manière suivante :

- un bloc /25 de 128 adresses pour le LAN de R1
($2^7 - 2 \geq 100$; $126 + 2$)
- un bloc /26 de 64 adresses pour le LAN de R2,
($2^6 - 2 \geq 50$; $62 + 2$)
- un bloc /27 de 32 adresses pour le LAN de R3. ,
($2^5 - 2 \geq 30$; $30 + 2$)
- Dans le reste, on prendra trois blocs /30 de 4 adresses pour adresser les connexions point-à-point.

VLSM



VLSM

| S/R | Nbre hôtes | Adr. S/R | Plage | Adr. diffusion |
|--------|------------|-------------------|--|-------------------|
| LAN R1 | 100 | 195.167.46.0/25 | 195.167.46.1/25 → 195.167.46.126/25 | 195.167.46.127/25 |
| LAN R2 | 50 | 195.167.46.128/26 | 195.167.46.129/26 → 195.167.46.190/26 | 195.167.46.191/26 |
| LAN R3 | 25 | 195.167.46.192/27 | 195.167.46.193/27 → 195.167.46.222/27 | 195.167.46.223/27 |
| R2-R3 | 4 | 195.167.46.224/30 | 195.167.46.225/30 → 195.167.46.226/30 | 195.167.46.227/30 |
| R1-R2 | 4 | 195.167.46.228/30 | 195.167.46.229/30 → 195.167.46.230/30 | 195.167.46.231/30 |
| R1-R3 | 4 | 195.167.46.232/30 | 195.167.46.233/30 → 195.167.46.234/30 | 195.167.46.235/30 |

Adressage CIDR

Pour résoudre ce problème, on en vint à l'utilisation de protocoles dits *classless* comme RIP v2 et EIGRP. Ces protocoles, contrairement aux protocoles de routages *classfull*, intègrent le masque de sous réseau dans leurs mises à jour de routage, ce qui permet de modifier les masques de sous réseau en fonction des besoins du réseau que l'on adresse, on peut alors au choix faire soit du subnetting, soit du supernetting.