



Chapitre 3: Modèle TCP/IP



Introduction: (I)

- Issu des recherches du département de la défense américaine
- Évolution d'ARPANet
 - Ancêtre d'Internet
- Mode de communication décentralisé
 - En cas de guerre , le réseau doit continuer à survivre même s'il est attaqué

Introduction: (2)

Que signifie TCP/IP?

TCP/IP est une suite de protocoles. Le sigle TCP/IP signifie «**Transmission Control Protocol/Internet Protocol**» et se prononce «T-C-P-I-P». Il provient des noms des deux protocoles majeurs de la suite de protocoles, c'est-à-dire les protocoles TCP et IP).

elle est conçue pour répondre à un certain nombre de critères parmi lesquels :

Le fractionnement des messages en paquets ;

L'utilisation d'un système d'adresses ;

L'acheminement des données sur le réseau (routage) ;


Le contrôle des erreurs de transmission de données.

Les couches:


- Modèle en 4 couches

4	Application	Couches 5 à 7 du modèle OSI
3	Transport	Qualité de la transmission (couche 4 de OSI)
2	Internet	Sélection du chemin (couche 3 de OSI)
1	Accès Réseau	Couches 1 & 2 du modèle OSI

Comparaison avec le modèles OSI: (1)



Modèle OSI			Modèle TCP/IP	
7	Application			
6	Présentation		Application	4
5	Session			
4	Transport		Transport	3
3	Réseau		Internet	2
2	Liaison de données		Accès Réseau	1
1	Physique			



Comparaison avec le modèles OSI: (2)

- Point commun
 - Modèles en couches
 - Couche Application similaire mais avec des services différents
 - Couche Transport et couche Réseau comparables
 - Toutes deux assurent la commutation des paquets



Comparaison avec le modèles OSI: (3)

- Différences

- N'utilise pas les mêmes technologies
- Les réseaux sont construits avec TCP/IP
- Le modèle OSI est utilisé comme un modèle de référence, et n'est pas implémenté physiquement sur les appareils



Les rôles des couches TCP/IP:

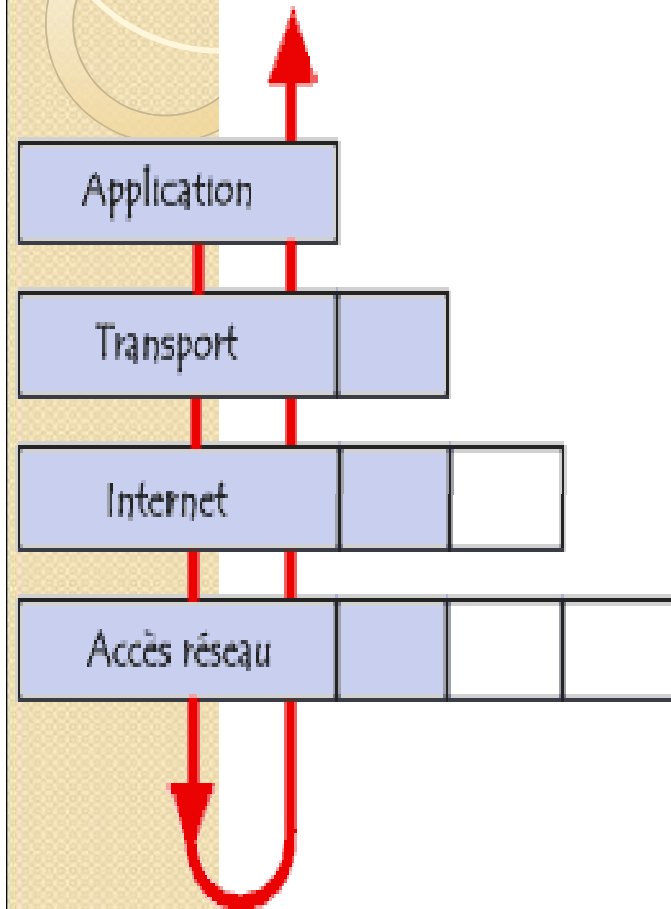
- Les rôles des différentes couches sont les suivants : **Couche Accès réseau** : elle spécifie la forme sous laquelle les données doivent être acheminées quel que soit le type de réseau utilisé
- **Couche Internet** : elle est chargée de fournir le paquet de données (datagramme)
- **Couche Transport** : elle assure l'acheminement des données, ainsi que les mécanismes permettant de connaître l'état de la transmission
- **Couche Application** : elle englobe les applications standard du réseau (Telnet, SMTP, FTP, ...)

les principaux protocoles de TCP/IP:

Voici les principaux protocoles faisant partie de la suite TCP/IP


4	Application	Telnet , FTP , SMTP,....
3	Transport	TCP , UDP
2	Internet	IP , ARP , RARP
1	Accès Réseau	Ethernet , Token ring

Encapsulation des données:



A chaque niveau, le paquet de données change d'aspect, car on lui ajoute un en-tête, ainsi les appellations changent suivant les couches :

- Le paquet de données est appelé **message** au niveau de la couche Application
- Le message est ensuite encapsulé sous forme de **segment** dans la couche Transport
- Le segment une fois encapsulé dans la couche Internet prend le nom de **datagramme**
- Enfin, on parle de **frame** au niveau de la couche Accès réseau



Couche réseau: crée la « base » du réseau.

- C'est la « couche IP ».
- Permet à 2 systèmes non-adjacents de communiquer en se servant de relais.
- Notion d'@ est importante.
- Notion de table de correspondance entre @ et fils pour aiguiller les messages.
- Routage: voir plus loin.



IP Internet Protocol

- But: Acheminement des datagrammes d'une machine à une autre par des intermédiaires .
- Adressage logique, indépendant du matériel (distribution supervisée des adresses)
- Routage (comment ces adresses sont elles traitées?)
- Correspondance entre adresse physique et adresse logique (DNS et DHCP: voir plus loin)



IP Internet Protocol (2)

- Le protocole IP définie
 - La taille de l'unité de donnée, sa structure.
 - La fonction de routage, comment les machines et les passerelles doivent traiter les paquets.
 - Les messages d'erreur et leurs traitement.
- L'entête IP contient
 - Version, longueur, priorité, durée de vie, @ source et @ destination.
 - Options de routage, de traçage, ...

Adressage IP

- A quoi sert l'adresse IP ?
 - A identifier une machine dans un réseau local donné (change en fonction de l'adresse du réseau)
 - A déterminer le destinataire du message dans un réseau : c'est l'information utilisée par le routeur pour router le paquet sur le bon port
- Deux versions du protocole IP utilisées :
 - IPv4, **4** octets, écrite sous forme décimale
 - IPv6, **16** octets, écrite sous forme hexadécimale

La couche réseau

Les 3 types d'adresses IP :

- ☐ Unicast : à destination d'un seul ordinateur
- ☐ Multicast : à destination d'un ensemble de machines
- ☐ Broadcast : à destination des machines membres d'un même sous-réseau

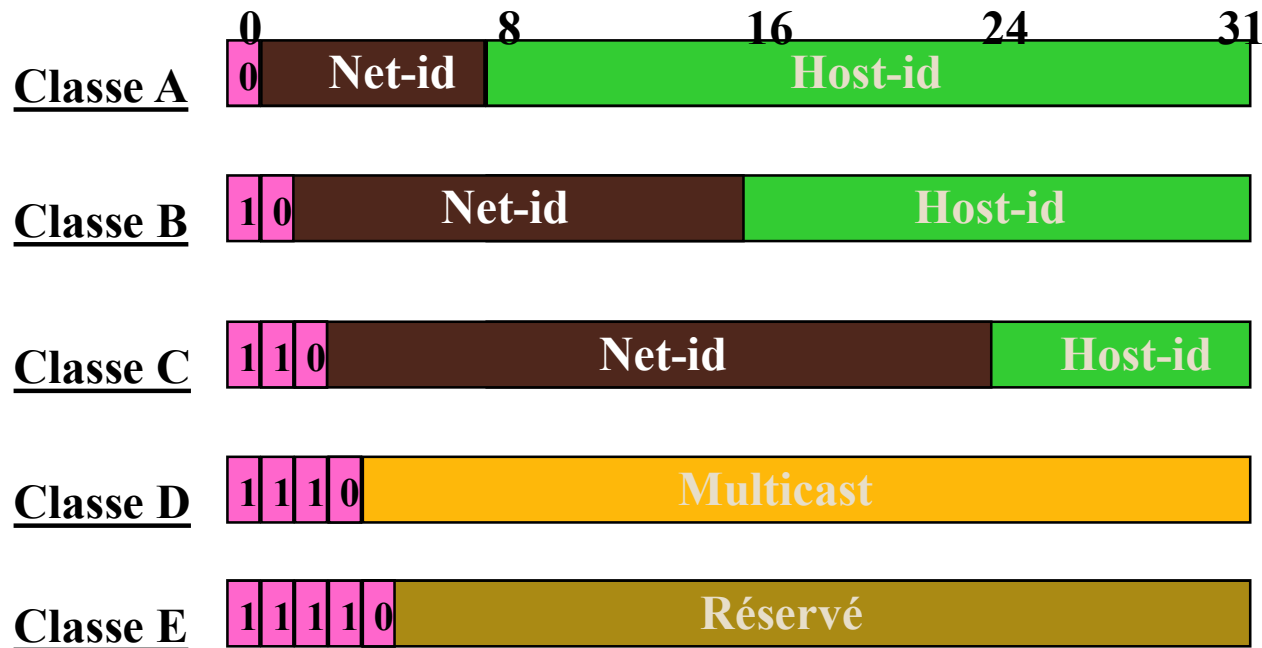
Adressage IP

- Système de communication universel : établir une méthode générale d'identification des machines.
- Adresse = 32 bits = 4 octets = 4 entiers < 256

Exemple : 192.14.28.32

- Adresse en 2 parties :
 - Net ID : Identifiant du réseau
 - Host ID : Identifiant de la "machine"
- 5 classes de réseaux

Adressage IP : Classes d'adresses



Adressage IP :

- Classe A [1.x.x.x ; 126.x.x.x]

$2^7 - 2 = 126$ réseaux

$2^{24} - 2 = 16,7$ millions d'hôtes / réseau

- Classe B [128.x.x.x ; 191.x.x.x]

$2^{14} = 16\,384$ réseaux

$2^{16} - 2 = 65\,534$ hôtes / réseau

- Classe C [192.x.x. ; 223.x.x.x]

$2^{21} = 2$ millions de réseaux

$2^8 - 2 = 254$ hôtes / réseau

Adressage IP : Exemples

- 201.14.26.55
 - 130.255.14.18
 - 198.14.231.0
 - 101.14.12.56
 - 193.34.45.250
 - 193.256.14.28
- C
 - B
 - C
 - A
 - C
 - Impossible !

Adressage IP : Adresses "spéciales"

- Host-Id = 00000...000 -> Réseau
- Host-Id = 11111...111 -> Broadcast
- 127.x.x.x -> loopback
- 10.0.0.0 à 10.255.255.255 -> privé
- 172.16.0.0 à 172.31.255.255 -> privé
- 192.168.0.0 à 192.168.255.255 -> privé

Adressage IP : Adresses « Réseau »

Adresse Réseau = Adresse IP **ET** Masque sous Réseau

Exemple:

L'adresse IP d'une machine est : 192.168.25.132

Le masque de mon réseau: 255.255.255.128

On traduit en binaire :

Adr ip de ma machine

11000000.10101000.00011001.10000100

Masque du réseau----

11111111.11111111.11111111.10000000

On obtient l'adresse réseau en effectuant le **ET** Logique

on obtient 11000000.10101000.00011001.10000000

Soit: **192.168.25.128**

Adressage IP : Adresses «de diffusion »

Adresse Diffusion = (Adresse du réseau) **OU logique** (le complément à 1 du masque).



Exercice d'application:

Pour les adresses suivantes :

145.245.45.225

202.2.48.149

97.124.36.142

Donnez :

1. La classe d'adresse.
2. Le masque réseau par défaut.
3. L'adresse réseau.
4. L'adresse de diffusion

Pour l'adresse 145.245.45.225

1. Le premier octet de l'adresse donne en binaire 10010001. Les deux premiers bits nous indiquent qu'il s'agit d'une classe B.
2. Le masque par défaut d'une classe B est : 255.255.0.0 (/16). Nous aurons en binaire : 11111111.11111111.00000000.00000000.
3. Pour trouver l'adresse réseau par défaut, nous allons appliquer le masque réseau par défaut à l'adresse IP au travers d'une fonction "et". Nous aurons : 145.245.0.0.

Pour l'adresse 202.2.48.149

1. Le premier octet de l'adresse donne en binaire 11001010. Les trois premiers bits nous indiquent qu'il s'agit d'une *classe C*.
2. Le masque par défaut d'une classe C est : 255.255.255.0 (/24). Nous aurons en binaire : 11111111.11111111.11111111.00000000.
3. Pour trouver l'adresse réseau par défaut, nous allons appliquer le masque réseau par défaut à l'adresse IP au travers d'une fonction "et". Nous aurons : 202.2.48.0.

Pour l'adresse 97.124.36.142

1. Le premier octet de l'adresse donne en binaire 01100001. Le premier bit nous indique qu'il s'agit d'une classe A.
2. Le masque par défaut d'une classe A est : 255.0.0.0 (/8). Nous aurons en binaire : 11111111.00000000.00000000.00000000.
3. Pour trouver l'adresse réseau par défaut, nous allons appliquer le masque réseau par défaut à l'adresse IP au travers d'une fonction "et". Nous aurons : 97.0.0.0.



Exercice d'application 2:

Quelle est l'adresse de réseau et de broadcast de la machine 10.11.12.13, si elle a pour masque de réseau 255.255.252.0?



Les sous réseaux

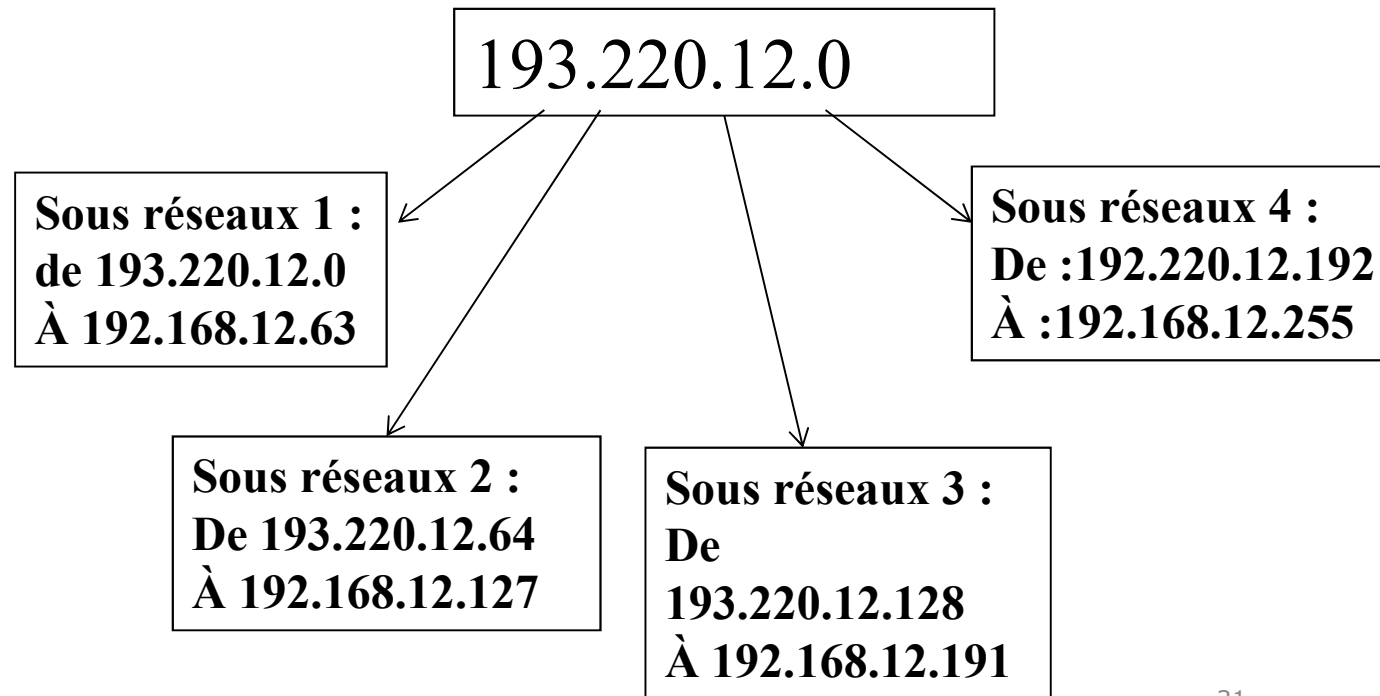
Prof Driss AIT OMAR

Cours Info3

Pourquoi créer des sous-réseaux ?

- Le principal problème de l'adressage IP est le gaspillage de l'espace d'adressage → des adresses réservées mais non attribuées .
- Par exemple :
 - Si on dispose de 50 machines dans un réseau → cela nécessite 50 adresses
 - La classe la plus adéquate est la classe C (par exemple 193.220.12.0) dont on dispose de 254 hôtes → utiliser 50 adresses seulement .
 - Mais le reste des adresses (204 adresses) sont inutilisées et ne peuvent pas être affectées ailleurs puisque l'adresse réseau est déjà attribué.
- Donc pourquoi ne pas utiliser les adresses d'un réseaux ayant une capacité qui répond juste au besoin sans gaspiller les adresses → cela revient à prendre une partie (sous réseaux) du réseaux global au lieu de prendre la totalité des adresses offertes par ce réseau .

- Dans l'exemple on a besoin de 50 adresses pour 50 machines
- On divise le réseau globale (192.200.12.0) en 4 sous-réseaux → chaque sous-réseaux comporte 64 adresses .
- On utilise l'un de ces sous réseaux pour notre besoin et les autres peuvent être utilisés ailleurs .



Principe du découpage en sous-réseaux

Pour effectuer ce découpage :

- Prendre **n bits de la partie hôte** → ces bits doivent être réattribués à la partie réseau dans l'adresse.
- Le nombre de bits à empruntés dépend du nombre de sous réseaux qu'on veut avoir et le nombre de machines dans chaque sous réseaux
 - Exemple : si on veut avoir deux sous réseaux alors emprunter 1 bit.
 - Si on veut avoir 4 sous réseaux , emprunter 2 bits (2^2).
 - Si on veut avoir 7 sous réseaux alors emprunter 3 bits ($2^3=8$ sous réseaux) → utiliser uniquement 7 .

Net-id (K bits)	Hôte (m bits)	
Net-ID (k bits)	Sous réseau (n bits)	Hôte (m-n bits)

Le net-id des nouveaux sous réseaux est constitué de $k+n$ bits

- Cette opération est souvent appelée « **emprunt** » de bits.
- L'emprunt se fait toujours à partir **du bit d'hôte situé le plus à gauche**.
- Chaque combinaison des bits empruntés représente un sous réseau (2^n sous réseaux).
- Le nombre de bits qui reste détermine le nombre d'adresses utilisables dans le sous réseaux

$$(2^{\text{nombre de bits hôtes restants}}) - 2 = \text{adresses utilisables} .$$

- La soustraction correspond aux deux adresses réservées que sont l'adresse du réseau et l'adresse de broadcast du réseau.

Exemple 1

- Soit l'adresse du réseau de la classe C : 192.55.12.0
En binaire : 11000000.00110111.00001100.00000000
- Supposant qu'on veut avoir **deux sous réseaux** (128 adresses dans chaque sous réseaux):
- Dans ce cas on prend un bit de la partie hôte (dernier octet).
11000000.00110111.00001100.00000000
- Le premier sous réseaux : 11000000.00110111.00001100.00000000
192.55.12.0 (intervalle d'adresse : 192.55.12.0 - 192.55.12.127)
- Le deuxième sous réseaux : 11000000.00110111.00001100.10000000
192.55.12.128 (intervalle d'adresse : 192.55.12.128 - 192.55.12.255)

Exemple 2

- Supposant qu'on veut avoir 4 sous réseaux :
- Dans ce cas on prend deux bits de la partie hôte (chaque sous réseaux comporte 64 adresses)
11000000.00110111.00001100.00000000
- Le premier sous réseaux :
11000000.00110111.00001100.00000000
192.55.12.0 (intervalle d'adresse : 192.55.12.0 - 192.55.12.63)
- Le deuxième sous réseaux :
11000000.00110111.00001100.01000000
192.55.12.64 (intervalle d'adresse : 192.55.12.64 - 192.55.12.127)
- Le troisième sous réseaux :
11000000.00110111.00001100.10000000
192.55.12.128 (intervalle d'adresse : 192.55.12.128 - 192.55.12.191)
- Le quatrième sous réseaux :
11000000.00110111.00001100.11000000
192.55.12.192 (intervalle d'adresse : 192.55.12.192 - 192.55.12.255)

Masque des sous-réseaux

- Lorsque on utilise les sous réseaux , le masque **réseau par défaut n'est plus valable** , puisque nous avons rajouter des bits supplémentaires au net-id.
- La nouvelle valeur du masque pour les sous réseaux est calculée comme suit :
 - Prendre le masque par défaut du réseau initial
 - Compléter les bits empruntés de la partie hôte par des 1
 - et laisser les bits restant de la partie hôte à zéro .

Exemple :

Avec deux sous réseaux , pour l'adresse de la classe C 192.55.12.0.

Mask par défaut (255.255.255.0) : 11111111. 11111111. 11111111.00000000

Le mask des nouveaux sous réseaux :

11111111. 11111111. 11111111. **1**00000000 → 255.255.255.128 ou indiquer juste le nombre de bits à 1 /25

Donc le premier réseaux : 192.55.12.0/25

Le deuxième sous réseaux : 192.55.12.128/25

Exemple 2

- Supposant qu'on veut avoir 4 sous réseaux :
- Dans ce cas on prend deux bits de la partie hôte
11000000.00110111.00001100.00000000
- Nombre de bits empruntés = 2 bits :

Le nouveau masque 11111111. 11111111. 11111111. 11000000 → 255.255.255.192

- Le premier réseaux : 192.55.12.0/26 .
- Le deuxième réseaux : 192.55.12.64/26 .
- Le troisième réseaux : 192.55.12.128/26 .
- Le quatrième réseaux : 192.55.12.192/26 .



Adresse de broadcast pour les sous réseaux

- L'adresse de broadcast est une adresse dont les bits qui constituent la partie hôte **ne contient que des 1** .
- Dans le cas des sous réseaux l'adresse du broadcast n'est pas la même pour tout les sous réseaux.
- Pour calculer l'adresse de broadcast d'un sous réseaux :
 - Ecrire l'adresse de ce sous réseaux en binaire.
 - Remplir la partie hôte uniquement avec des 1
 - Et traduire par la suite en décimal

Exemple :

- Le premier réseaux 192.55.12.0 : 11000000.00110111.00001100.00000000
L'adresse de broadcast 11000000.00110111.00001100.**111111** → 192.55.12.63
- Le deuxième réseaux 192.55.12.64 :
11000000.00110111.00001100.01 000000
11000000.00110111.00001100.01**111111** → 192.55.12.127
- Le troisième réseaux 192.55.12.128 :
11000000.00110111.00001100.10 000000
11000000.00110111.00001100.10**111111** → 192.55.12.191
- Le quatrième réseaux 192.55.12.192 :
11000000.00110111.00001100.11 000000
11000000.00110111.00001100.11**111111** → 192.55.12.255

Exercice 1

Soient les trois machines A,B,C ayant pour adresse :

A : 192.168.0.133 / 25

B : 192.168.0.200 / 27

C : 192.168.0.220 / 26

- Donner l'adresse réseaux de chaque machine et indiquez la valeurs du masque de sous réseau sous la forme décimal?.
- Combien de machines existent dans le réseau de la machine A et B ?

Solution

	Adresse du réseau	Le masque
A	192.168.0.133 / 25 11000000. 10101000. 00000000. 10000101 Le mask est sur 25 bits 11000000. 10101000. 00000000. 10000000 192.168.0.128	1111 1111. 1111 1111. 1111 1111. 10000000 255.255.255.128 Il existe $2^7-2 = 126$ machines
B	192.168.0.200 / 27 11000000. 10101000. 00000000. 11001000 Le mask est sur 27 bits 11000000. 10101000. 00000000. 11000000 192.168.0.192	1111 1111. 1111 1111. 1111 1111. 11100000 255.255.255.224 Il existe $2^5-2 = 30$ machines
C	192.168.0.220 / 26 11000000. 10101000. 00000000. 10111100 Le mask est sur 26 bits 11000000. 10101000. 00000000. 11000000 192.168.0.192	1111 1111. 1111 1111. 1111 1111. 11000000 255.255.255.192 Il existe $2^6-2 = 62$ machines

Exercice 2

L'adresse réseau de votre organisme est 150.193.0.0

Vous avez besoin de 50 sous-réseaux . Chaque sous-réseau comporte 750 hôtes.

- Quelle est la classe d'adresse ?
- Quel est le masque par défaut ?
- Combien de bits faut-il emprunter à la partie hôte de l'adresse réseau pour créer au moins 50 sous-réseaux ayant chacun au moins 750 hôtes ?
- Quel sera le masque de sous-réseau
- Donnez, pour les 4 premier sous réseau, la plage des adresses machines et l'adresse de broadcast.

Solution

- Adresse réseau :

150.193.0.0 = **1001 0110** . 1100 0001 . 0000 0000 . 0000 0000

C'est une adresse de la classe B

(NET-ID sur 16 bits; Hôte sur 16 bits)

- Masque par défaut 255.255.0.0

• On dispose de 50 sous réseaux $32 < 50 < 64 = 2^6$ donc on aura besoin d'emprunter **6 bits de la partie hôte**. Il reste 10 bits dans la partie hôte, avec 10 bits on peut avoir $2^{10} = 1024$ machines > 750

- Masque de sous-réseau =

1111 1111 . 1111 1111 . **1111 1100** . 0000 0000 = 255.255.252.0

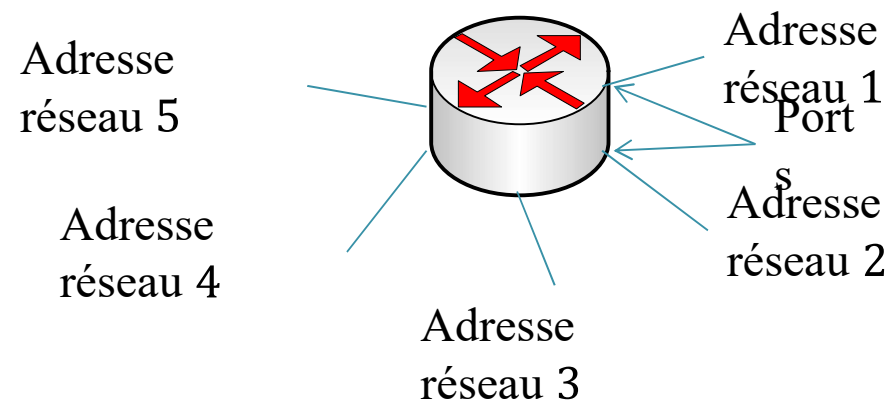
N° de sous-réseau	Adresse de sous-réseau	Plage d'adresses d'hôte IP	Adresse broadcast
1	150.193.0.0 (1001 0110 . 1100 0001 . 000000 00 . 0000 0000) De 1001 0110 . 1100 0001 . 000000 00 . 0000 0001 À 1001 0110 . 1100 0001 . 000000 11 . 11111110	150.193.0.1 à 150.193.3.254	150.193.3.255
2	150.193.4.0 (1001 0110 . 1100 0001 . 000001 00 . 0000 0000) De 1001 0110 . 1100 0001 . 000001 00 . 0000 0001 À 1001 0110 . 1100 0001 . 000001 11 . 11111110	150.193.4.1 à 150.193.7.254	150.193.7.255
3	150.193.8.0 (1001 0110 . 1100 0001 . 000010 00 . 0000 0000) De 1001 0110 . 1100 0001 . 000010 00 . 0000 0001 À 1001 0110 . 1100 0001 . 000010 11 . 11111110	150.193.8.1 à 150.193.11.254	150.193.11.255
4	150.193.12.0 (1001 0110 . 1100 0001 . 000011 00 . 0000 0000) De 1001 0110 . 1100 0001 . 000011 00 . 0000 0001 À 1001 0110 . 1100 0001 . 000011 11 . 11111110	150.193.12.1 à 150.193.15.254	150.193.15.255



La couche réseau, routage

- Qu'est ce qu'un routeur ?
- Equipement matériel et logiciel permettant aux ordinateurs situés dans des réseaux différents de communiquer (équipement de la couche 3)
- C'est l'équivalent d'un carrefour
- Dispose de ports reliés aux réseaux
- Sélectionne le meilleur chemin
- Réalise le routage de l'information

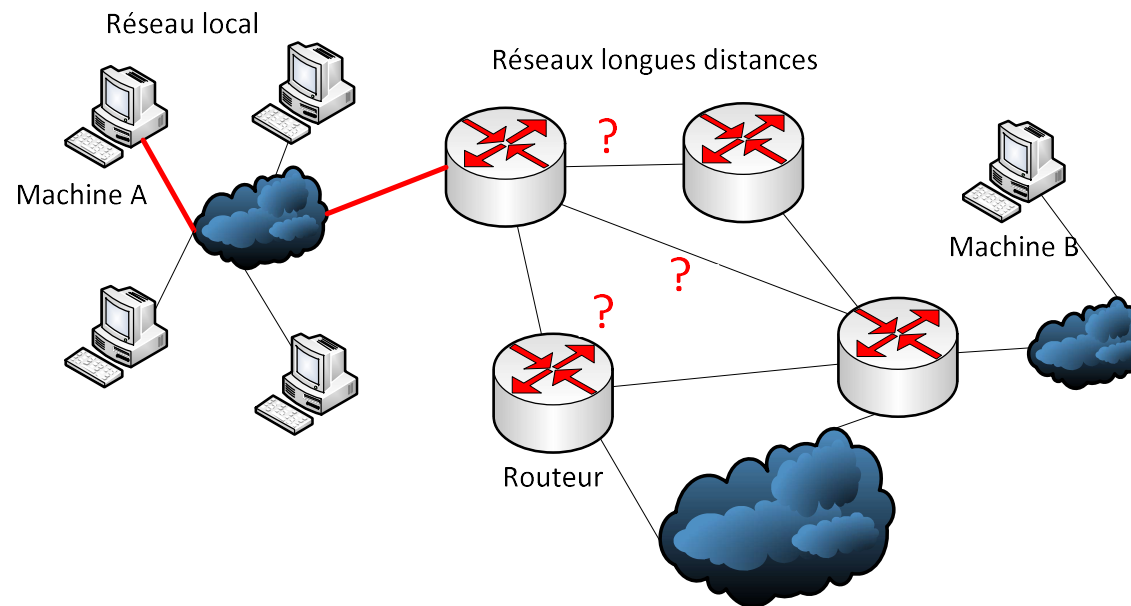
La couche réseau, routage



La couche réseau, routage

- Comment décider de la route à prendre ? Quel est le prochain routeur à qui envoyer le paquet ?
 - Les routeurs sont connectés à d'autres routeurs et à des réseaux locaux
 - Grâce à l'adresse de destination contenue dans le paquet et à la **table de routage**, le routeur est capable d'orienter le paquet sur le bon port
 - Le routeur utilise des informations de la topologie réseau
 - Le routage prend en compte divers paramètres, appelés métriques
 - Densité du trafic
 - Nombre de routeurs à franchir pour joindre le réseau
 - Vitesse des liaisons

La couche réseau, routage



La couche réseau, routage

- **Etablissement de la table de routage**
 - La table de routage d'un routeur est établie :
 - Soit manuellement par l'administrateur réseau
 - Soit automatiquement au moyen d'algorithmes de routage
 - Ces algorithmes ont besoin en entrée des informations des routeurs voisins
 - Ces informations sont obtenues par un protocole de routage
 - Il existe plusieurs algorithmes de routage :
 - RIP, OSPF, EIGRP, IGRP (et d'autres)



Routage statique vs dynamique

Il existe deux types de routage :

- ☐ Routage Statique : les chemins sont fixes. Il faut les changer à la main en cas de modifications du réseau
- ☐ Routage Dynamique : les informations relatives aux routes sont mises à jour automatiquement, par un processus de routage.

Routage statique

Au sein des petits réseaux évoluant lentement, on peut gérer la table de routage manuellement

Autres exemple d'utilisation :

- pour définir la Route par défaut
- pour définir une route vers un Réseau d'extrémité (n'est accessible que par un seul chemin)

Avantages :

- principe simple
- Il évite d'avoir une perte en bande passante due aux mises à jour envoyées par les protocoles de routage.

Inconvénients :

- Ce mode ne prend pas en charge les environnements comme l'Internet ne recherche pas la route optimale et n'est pas adapté à la défaillance d'un lien
- la modification manuelle de la table de routage est consommatrice de temps et aussi une sources d'erreurs.



Routage dynamique

- les tables de routage sont mises à jour régulièrement en fonction de l'état du réseau
- Les routeurs utilisent des protocoles assurant l'échange d'informations spécifiques pour le calcul de l'accessibilité d'un réseau, la détection de la modification de la topologie, la construction de la table de routage qui en découle.

Avantage :

- permet de choisir la route optimale
- permet de s'adapter automatiquement aux modifications topologiques.
- amélioration de la fiabilité et de la résistance aux pannes.

Inconvénients :

- plus complexe que le routage statique
- surcharge du réseau par l'échange d'informations de routage

Routage dynamique

- Le routage dynamique s'appuie sur un protocole de routage pour partager les informations entre les routeurs.
- Un protocole de routage définit les règles utilisées par un routeur pour communiquer avec les routeurs voisins. Par exemple :
 - Comment envoyer les mises à jour
 - Les informations contenues dans ces mises à jour
 - Le moment où les informations doivent être envoyées
 - Comment localiser les destinataires des mises à jour

Protocoles de routage

Il existe différents protocoles de routage permettant de trouver le meilleur chemin.

Chaque protocole utilise différents systèmes, différents algorithmes pour fournir au routeur les informations nécessaires à la mise en place de la table de routage. Les protocoles de routage peuvent être classés selon l'algorithme qu'ils utilisent :

- ❖ Vecteur de distance (Bellman-ford) : une connaissance partielle du réseau (local)
- ❖ Etat de liens (Dijkstra) : une connaissance de l'ensemble du réseau (global)
- ❖ Hybride symétrique (vecteur de distance évolué)



Routage à vecteur de distance

Les protocoles de routage à vecteur de distance les plus connus sont :

- ✓ RIPv1
- ✓ RIPv2
- ✓ Cisco IGRP
- ✓ Cisco EIGRP (vecteur de distance évolué, ou hybride symétrique)

Les mises à jour de routage sont émises en broadcast (sauf exceptions telles qu'avec RIPv2 et EIGRP)

Inconvénients :

on a pas une vision global sur la totalité du réseau

la convergence peut être longue sur de grands réseaux



Routage à état de liens

Les protocoles de routage à état de liens les plus connus sont :

- OSPF
- IS-IS



Fin