

## Ch5 – Protocole TCP/IP – Adressage IP - Internet

Dernière maj : lundi 18 mars 2013

|   |           |
|---|-----------|
| <b>I. ADRESSAGE .....</b>   | <b>1</b>  |
| <b>II. L'ADRESSAGE IP : IDENTIFICATION RESEAUX ET POSTES.....</b>     | <b>1</b>  |
| A. ADRESSE IP ET CLASSES D'ADRESSES IP (V4).....                      | 2         |
| B. MASQUE DE RESEAU .....   | 4         |
| C. NOTATION CIDR, CLASSLESS INTER-DOMAIN ROUTING.....                 | 4         |
| D. PLAGES D'ADRESSES RESERVEES.....                                   | 5         |
| E. PLAGES D'ADRESSES NON ROUTABLES.....                               | 5         |
| F. SOUS-RESEAU ET MASQUE DE SOUS-RESEAU .....                         | 5         |
| G. EXTENSION IPV4 : IPV6 .....  | 7         |
| H. ATTRIBUTION DES PLAGES D'ADRESSES .....                            | 8         |
| <b>III. LE ROUTAGE : ENTREES/SORTIES DU RESEAU.....</b>               | <b>9</b>  |
| A. INTERCONNEXION DE RESEAUX LOCAUX .....                             | 9         |
| B. ETAPES DU TRANSPORT .....  | 11        |
| C. INTERCONNEXION DE RESEAUX ET INTERNET .....                        | 11        |
| <b>IV. OUTILS DE DIAGNOSTIC RESEAU .....</b>                          | <b>13</b> |
| <b>V. LA PILE DE PROTOCOLES TCP/IP .....</b>                          | <b>14</b> |
| A. LES PROTOCOLES RESEAU (OSI 3) ET TRANSPORT (OSI 4) DE TCP/IP ..... | 14        |
| B. LES PROTOCOLES APPLICATIFS (OSI 5 A 7) DE LA PILE TCP/IP .....     | 14        |
| C. LES PORTS DE COMMUNICATION DES PROTOCOLES.....                     | 15        |
| D. MATERIELS ET COUCHES OSI.....                                      | 16        |
| <b>ANNEXES .....</b>  | <b>17</b> |
| E. NOTATION CIDR – TAILLES DE MASQUE .....                            | 17        |
| F. SOUS-RESEAUX .....   | 17        |

### I. Adressage

---

Pour établir une communication, 3 éléments :

- ▶ **LE NOM DE LA MACHINE DESTINATRICE** = qui est le destinataire
- ▶ **L'ADRESSE DE LA MACHINE DESTINATRICE** = où se trouve cette machine
- ▶ **LA ROUTE A SUIVRE POUR PARVENIR A CETTE MACHINE** = comment on va y parvenir

### II. L'Adressage IP : identification réseaux et postes

---

Au sein d'un réseau local utilisant l'architecture Ethernet, l'adresse MAC (=adresse physique) correspond à l'adresse de la machine à atteindre. Pour trouver la machine dans le réseau, il suffit de diffuser la trame à toutes les machines, celle qui est concernée récupérant la trame pour traitement. Certains équipements comme le commutateur, permettent de réduire la diffusion en mémorisant par port, les adresses MAC qui sont connectées.

## THEME 5 – RESEAUX INFORMATIQUES

Cette identification permet l'identification d'une machine sur un réseau.

Mais dès lors que le nombre de machines augmente ou que la taille des réseaux devient trop importante, il n'est pas envisageable de conserver en mémoire les adresses MAC de tous les postes.

IP apporte une solution en définissant une adresse logique arborescente :

- un numéro de réseau
- et un numéro de machine dans ce réseau.

La combinaison des deux désigne de manière unique une machine et une seule sur les réseaux de la planète.

Par analogie :

- L'adresse de réseau = nom de la rue, ville et pays
- Le numéro de la machine = numéro de la maison

### A. Adresse IP et Classes d'adresses IP (V4)

Une adresse IP (en Version 4) est une valeur codée sur 32 bits (4 octets) et représentée sous la forme de 4 nombres entiers décimaux (représentation en **décimal pointé**).

Chaque octet peut théoriquement prendre les valeurs de 0 à 255 (8 bits), par exemple :

- 18.233.31.12
- 213.44.2.139
- 213.44.2.299 : ADRESSE INVALIDE

La partie réseau de l'adresse IP (NetId) vient toujours en tête, la partie hôte (HostId) est donc toujours en queue.

Afin de répartir l'utilisation des plages à destination des différentes organisations et entreprises (grandes, moyennes et petites), 3 plages d'adresses principales (on les appelle des **classes d'adresses**) ont été définies pour gérer les réseaux d'entreprises, en fonction du nombre de postes à identifier par réseau :

- **Classe A** : 126 adresses de réseaux, 16.777.214 stations par réseau
  - → **Bit de poids fort : 0**
- **Classe B** : 16.384 adresses de réseaux, 65.534 stations par réseau
  - → **Bits de poids fort : 10**
- **Classe C** : 2.097.150 adresses de réseaux, 254 stations par réseau
  - → **Bits de poids fort : 110**

Deux autres classes existent également :

- Classe D : permet de coder des groupes Multicast (groupes de diffusion abonnés à un serveur Multicast pour s'échanger des messages)
- Classe E : pour des extensions futures

► **L'ADRESSE IP (V4) : IDENTIFIANT LOGIQUE UNIQUE** d'une INTERFACE RESEAU sur un poste , stocké sur **4 OCTETS, soit 32 bits, et représenté en notation décimal pointé nnn.nnn.nnn.nnn,**  
► **L'ADRESSE IP permet le codage du NUMERO DE RESEAU (NetID) et d'un NUMERO D'INTERFACE RESEAU, d'un hôte, au sein du réseau (HostID)**

► **L'ADRESSE IP est utilisée au NIVEAU 3 du modèle OSI, RESEAU**

► **AFFECTATION DES PLAGES D'ADRESSES IP PAR CLASSES**

- \_ **A** : 1 octet pour les numéros de réseaux, 3 pour les hôtes par réseau
- \_ **B** : 2 octets pour numérotter les réseaux, 2 pour les hôtes par réseau
- \_ **C** : 3 octets pour numérotter les réseaux, 1 pour les hôtes par réseau

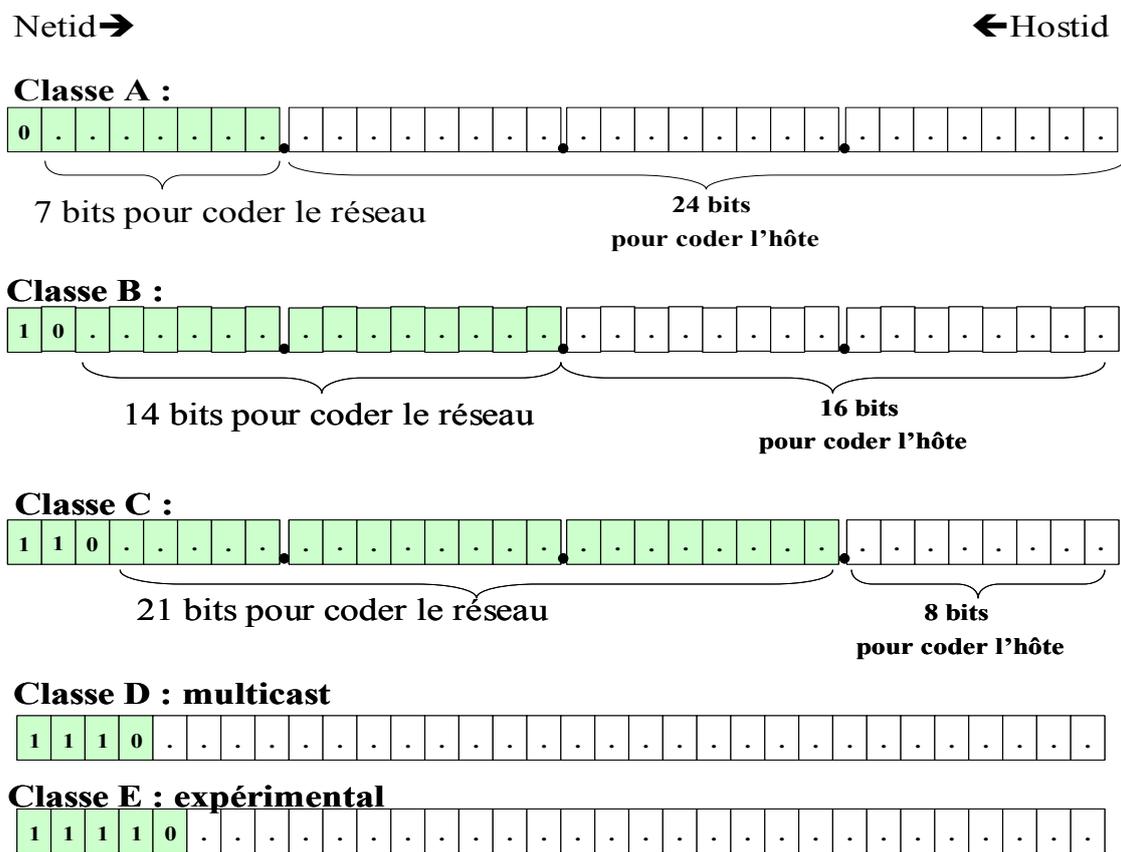


Figure 1 : les classes d'adresses IP

Exemple :

| Adresse   | Octet 1 de l'adresse IP         |
|-----------|---------------------------------|
| 18.x.y.z  | 0001 0010 → adresse de classe A |
| 140.x.y.z | 1000 1100 → adresse de classe B |
| 208.x.y.z | 1101 0000 → adresse de classe C |

Dans les classes A, B et C, on distingue, par réseau, **deux adresses d'hôtes réservées** :

- **Hostid** avec tous les bits à 0 : correspond au réseau lui-même
- **Hostid** avec tous les bits à 1 : correspond à l'adresse de broadcast IP pour ce réseau

► **PAR RESEAU, 2 ADRESSES RESERVEES en fonction de la valeur de HostID**

:

- \_ bits à 0 → **ADRESSE DU RESEAU** lui-même

\_ bits à 1 → ADRESSE DE BROADCAST pour le réseau IP

## B. Masque de réseau

Le masque de réseau sert à séparer les parties réseau et hôte d'une adresse. Il est composé, comme l'adresse IP, de 32 bits. A partir d'une adresse IP donnée, on retrouve l'adresse du réseau en effectuant une opération 'ET logique' bit à bit entre l'adresse IP adresse complète et le masque de réseau.

Exemple de masque associé à une adresse IP de classe C :

|                |               | Octet 1                          | Octet 2   | Octet 2   | Octet 4   |
|----------------|---------------|----------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Adresse IP     | 210.169.27.50 | 1101 0010                        | 1010 1001 | 0001 1011 | 0011 0010 |
| Masque         | 255.255.255.0 | 1111 1111                        | 1111 1111 | 1111 1111 | 0000 0000 |
|                |               | <b>Application du ET logique</b> |           |           |           |
| Adresse Réseau | 210.169.27.0  | 1101 0010                        | 1010 1001 | 0001 1011 | 0000 0000 |

▶ Le MASQUE de réseau est un nombre codé sur 32 BITS

▶ Le MASQUE de réseau permet l'EXTRACTION du NUMERO DE RESEAU d'une adresse IP donnée

## C. Notation CIDR, Classless Inter-Domain Routing

L'explosion de l'informatisation des entreprises et surtout l'ouverture des réseaux, d'Internet en particulier, ont rapidement vu les plages d'adresses toutes réservées.

De plus, dans la classe A par exemple, le nombre maximal de machines hôtes dans un réseau était rarement atteint, laissant un nombre d'adresses inutilisées important.

Au contraire, dans la classe C, particulièrement, un nombre important d'entreprise devaient gérer plus de 253 adresses pour leurs réseaux, ce qui les obligeait à réserver des blocs d'adresses, avec parfois des plages isolées (non contiguës), ce qui compliquait considérablement la gestion.

C'est pourquoi durant les années 90 le schéma d'adressage statique en classes a été remplacé par l'adressage dit CIDR (*anglais : Classless InterDomain Routing*, soit routage inter domaine sans classe).

La NOTATION CIDR permet une affectation plus fine des plages d'adresse IP en utilisant, non plus des classes d'adresses, mais en définissant la longueur du masque dans une adresse IP :

IP DE BASE / LONGUEUR DU MASQUE.

Exemple : 192.168.1.0 / 24 (équivalent à un masque de 24 bits soit : 255.255.255.0)

### D. Plages d'adresses réservées

Certaines adresses IP sont soit réservées à un usage particulier, soit d'une utilisation interdite :

| Adresse                         | Utilisation   |
|---------------------------------|---|
| 127.0.0.1                       | correspond l'adresse de bouclage (la machine elle-même, localhost), |
| 0.0.0.0                         | Adresse illégale  |
| 255.255.255.255                 | adresse de diffusion  |
| La première adresse d'un réseau | Adresse du réseau lui-même  |
| La dernière adresse d'un réseau | Adresse de broadcast (diffusion) pour ce réseau                     |

### E. Plages d'adresses non routables

Les adresses IPV4 suivantes ne sont pas (ou tout du moins ne devraient pas) être routées sur Internet : elles sont réservées à un usage local (au sein d'une organisation, où là elles peuvent être routées).

Plages d'adresses non routables sur Internet :

| Classe | Masque réseau | Notation CIDR | Plages d'adresses                |
|--------|---------------|---------------|----------------------------------|
| A      | 255.0.0.0     | 10/8          | 10.0.0.0 -<br>10.255.255.255     |
| B      | 255.240.0.0   | 172.16/12     | 172.16.0.0 -<br>172.31.255.255   |
| C      | 255.255.255.0 | 192.168/16    | 192.168.0.0 -<br>192.168.255.255 |

### F. Sous-réseau et masque de sous-réseau

Afin d'apporter une plus grande souplesse et créer un niveau de découpage supplémentaire au sein d'un réseau, la notion de **sous réseau** (subnet) peut être utilisée : il s'agit d'utiliser une portion de la partie réservée pour le numéro d'hôte afin de l'affecter au numéro de sous réseau.

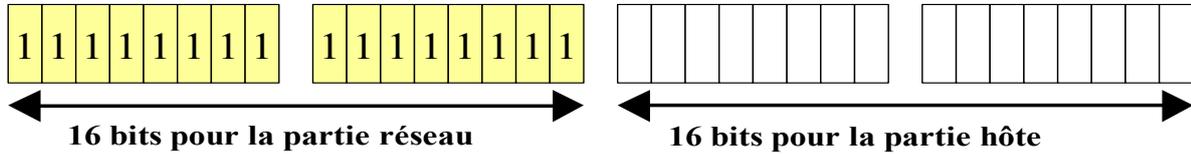
Le masque de sous réseau permet de savoir quelle partie d'une adresse IP correspond à la partie numéro de réseau et laquelle correspond à la partie numéro de l'hôte.

Les **MASQUES DE SOUS-RESEAU** vont permettre de **DEFINIR**, au sein d'une plage d'adresses attribuée, **UN DECOUPAGE EN SOUS-RESEAUX**, en utilisant une partie des bits de poids fort de la partir HostID

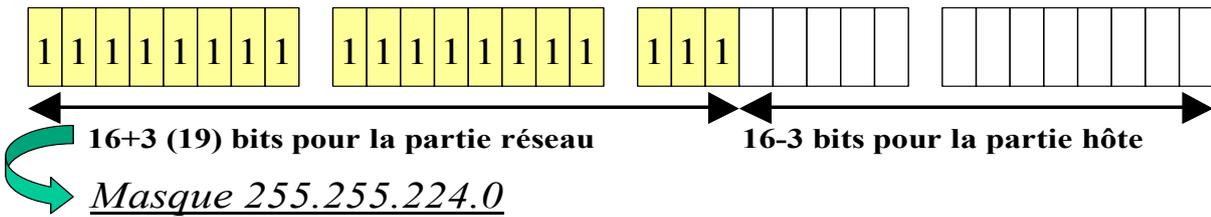
► Pour calculer la partie (sous-)réseau d'une adresse IP, on effectuera une opération **ET logique bit à bit** entre l'adresse et le masque.

► Pour calculer l'adresse de l'hôte, on effectuera une opération ET bit à bit entre le complément à un du masque et l'adresse.

Plage d'adresses initiale affectée en /16 (masque 255.255.0.0)



Utilisation de 3 bits supplémentaires pour gérer 8 sous-réseaux



Utilisation de 8 bits supplémentaires pour gérer 256 sous-réseaux

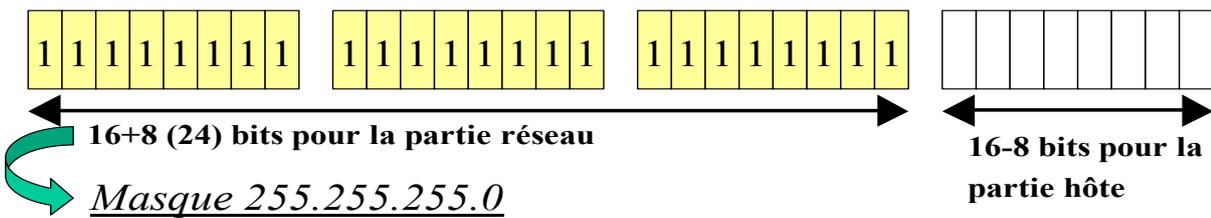


Figure 2 : masques de sous réseau pour découper le réseau initial en sous réseaux

**Comment déterminer un masque de sous réseau en fonction d'un nombre de sous réseaux logiques à gérer ?**

1. Trouver le nombre de bits nécessaires pour coder le nombre de sous réseaux
2. Définir le masque
3. Déterminer les identifiants des sous réseaux
4. Déterminer les adresses IP des sous réseaux

► **Exemple 1** : adresse de classe C IP 192.168.12.0, masque de 255.255.255.0 (/24) et nécessité de gérer 5 sous réseaux :

1. Nombre de bits nécessaires pour gérer 5 sous réseaux : 3 bits sont nécessaires et suffisant (5 bits restants : soit 32-2 hôtes par sous réseau)
2. Masque de réseau :
  - 1111 1111 . 1111 1111 . 1111 1111 . 1110 0000,
  - soit 255.255.255.224 ou /27
3. Numéros des 8 sous réseaux (en binaire) :
  - 000, 001, 010, 011, 100, 101, 110 et 111
4. Adresses IP des sous réseaux :

| Adresse de sous réseau | Adresse IP du premier hôte | Adresse IP du dernier hôte | Adresse IP de broadcast |
|------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------------|
|                        |                            |                            |                         |

## THEME 5 – RESEAUX INFORMATIQUES

|                |                |                |                |
|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 192.168.12.0   | 192.168.12.1   | 192.168.12.30  | 192.168.12.31  |
| 192.168.12.32  | 192.168.12.33  | 192.168.12.62  | 192.168.12.63  |
| 192.168.12.64  | 192.168.12.65  | 192.168.12.94  | 192.168.12.95  |
| 192.168.12.96  | 192.168.12.97  | 192.168.12.126 | 192.168.12.127 |
| 192.168.12.128 | 192.168.12.129 | 192.168.12.158 | 192.168.12.159 |
| 192.168.12.160 | 192.168.12.161 | 192.168.12.190 | 192.168.12.191 |
| 192.168.12.192 | 192.168.12.193 | 192.168.12.222 | 192.168.12.223 |
| 192.168.12.224 | 192.168.12.225 | 192.168.12.254 | 192.168.12.255 |

► **Exemple 2** : adresse de classe B IP 172.25.0.0, masque de 255.255.0.0 (/16) pour gérer 15 sous réseaux :

5. Nombre de bits nécessaires pour gérer 16 sous réseaux : 4 bits sont nécessaires et suffisent (12 bits restants : soit 4096-2 hôtes par sous réseau)
6. Masque de réseau :
  - 1111 1111 . 1111 1111 . 1111 0000 . 0000 0000,
  - soit 255.255.240.0 ou /20
7. Numéro des 16 sous réseaux (en binaire) :
  - 0000, 0001, 0010, 0011, etc., 1100, 1101, 1110 et 1111
8. Adresses IP des sous réseaux

| Adresse de réseau | Adresse IP du premier hôte | Adresse IP du dernier hôte | Adresse IP de broadcast |
|-------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------------|
| 172.25.0.0        | 172.25.0.1                 | 172.25.15.254              | 172.25.15.255           |
| 172.25.16.0       | 172.25.16.1                | 172.25.31.254              | 172.25.31.255           |
| 172.25.32.0       | 172.25.32.1                | 172.25.47.254              | 172.25.47.255           |
| 172.25.48.0       | 172.25.48.1                | 172.25.63.254              | 172.25.63.255           |
| Etc.              |                            |                            |                         |
| 172.25.192.0      | 172.25.192.1               | 172.25.207.254             | 172.25.207.255          |
| 172.25.208.0      | 172.25.208.1               | 172.25.223.254             | 172.25.223.255          |
| 172.25.224.0      | 172.25.224.1               | 172.25.239.254             | 172.25.239.255          |
| 172.25.240.0      | 172.25.240.1               | 172.25.255.254             | 172.25.255.255          |

### G. Extension IPV4 : IPV6

Afin de palier au manque d'adresses IP dans un futur proche, une nouvelle norme d'adresse a été élaborée : il s'agit d'IPV6.

Une adresse IPv6 est une valeur codée sur 128 bits (16 octets). Elle est typiquement représentée par 8 nombres hexadécimaux (de 4 chiffres). Par exemple :

- 1080:0:0:0:8:800:200C:417A ou 1080:::8:800:200C:417A
- 2001:80:2aff:0:0:0:0:25 ou 2001:80:2aff:::25
- 2001:470:1f01:ffff:0:0:0:1e ou 2001:470:1f01:ffff:::1e

Les '0' en tête d'un nombre peuvent être ignorés.

La norme IPV6 inclut des améliorations importantes, parmi lesquelles la gestion de la sécurité du protocole IP.

Elle prévoit un préfixe de réseau de 64 bits fixe (contrairement au préfixe variable d'IPV4).

| norme | Taille | Nombre | Soit Nombre d'adresses = |
|-------|--------|--------|--------------------------|
|-------|--------|--------|--------------------------|

|      | adresse  | d'adresses  |   |
|------|----------|-------------|---|
| IPV4 | 32-bits  | $(2^{32})$  | 4.294.967.296                                       |
| IPv6 | 128-bits | $(2^{128})$ | 340.282.366.920.938.463.463.374.607.431.768.211.456 |

## H. Attribution des plages d'adresses

Les adresses IP sont distribuées par l'IANA aux Regional Internet Registries (RIRs). À ce jour la liste des RIRs sont :

- \* AfriNIC (African NIC)
- \* APNIC (Asia Pacific Network Information Centre)
- \* ARIN (American Registry for Internet Numbers)
- \* LACNIC (Regional Latin-American and Caribbean IP Address Registry)
- \* RIPE NCC (Réseaux IP Européens)

À leur tour, ceux-ci alloueront des blocs d'adresses à des LIRs (Local Internet Registries) qui les distribueront aux utilisateurs finaux.

Certains de ces LIRs se sont regroupés pour former la NRO (Number Resource Organization).

Il est possible d'interroger les bases de données des RIRs pour savoir à qui est allouée une adresse IP. Si le serveur interrogé ne contient pas la réponse, il donnera l'adresse du RIR à interroger. Ces requêtes se font grâce à la commande « whois » ou bien via les sites Web des LIRs (rubrique « whois »).

<http://www.iana.org/ipaddress/ip-addresses.htm>

### III. Le routage : entrées/sorties du réseau

---

#### A. Interconnexion de réseaux locaux

Un réseau local d'entreprise regroupe un nombre de machines limité, dans un espace limité lui aussi. Les équipements utilisés (hub, switch) ne permettent pas d'étendre physiquement les réseaux au-delà d'une certaine limite.

L'interconnexion de réseaux ayant des adresses de réseaux différentes va nécessiter des mécanismes permettant de définir le chemin à parcourir pour atteindre un réseau destination à partir du réseau émetteur. C'est ce que l'on appelle le **routage**, acheminement des paquets à travers les réseaux.

La couche réseau (couche 3 du modèle OSI) a pour rôle d'acheminer les paquets IP d'un réseau à un autre.

Les réseaux sont donc reliés entre eux par des machines que l'on appelle **routeurs**. Ces routeurs vont donc recevoir les paquets sur un réseau, et les renvoyer sur un autre. Ils ont donc une connexion sur chaque réseau voisin.

Tous les réseaux ne pouvant pas être reliés entre eux, plusieurs routeurs vont être associés dans la constitution d'un grand réseau (comme Internet) il va souvent falloir passer par des réseaux intermédiaires pour pouvoir envoyer un paquet d'un réseau à un autre.

► **LE ROUTEUR** est un **ELEMENT D'INTERCONNEXION ENTRE LAN** qui permet l'**acheminement d'un datagramme IP d'un réseau vers un autre**

► **LE ROUTEUR** possède plusieurs interfaces vers les réseaux qu'il inter-connecte : **IL NE CONNAIT QUE SES ROUTEURS VOISINS**

► **L'ENSEMBLE DES ROUTEURS** va permettre la **CONSTITUTION DE ROUTES** permettant d'atteindre les destinataires.

► **CHAQUE ROUTEUR** maintient une **TABLE DE ROUTAGE** qui lui permettra de choisir comment router le paquet IP.

► **CHAQUE ENTREE DE LA TABLE DE ROUTAGE** consiste en une **ADRESSE DE DESTINATION**, le **MASQUE** associé, et « **LA ROUTE** » pour s'y diriger (adresse de passerelle, adresse d'interface, coût - métrique)

- le **datagramme IP** : bloc d'informations liée à la couche 3, il contient les adresses IP émetteur et destinataire, et le paquet transmis par la couche 4, transport. Ce datagramme IP possède les informations peut être routé de manière autonome sur Internet, grâce aux routeurs

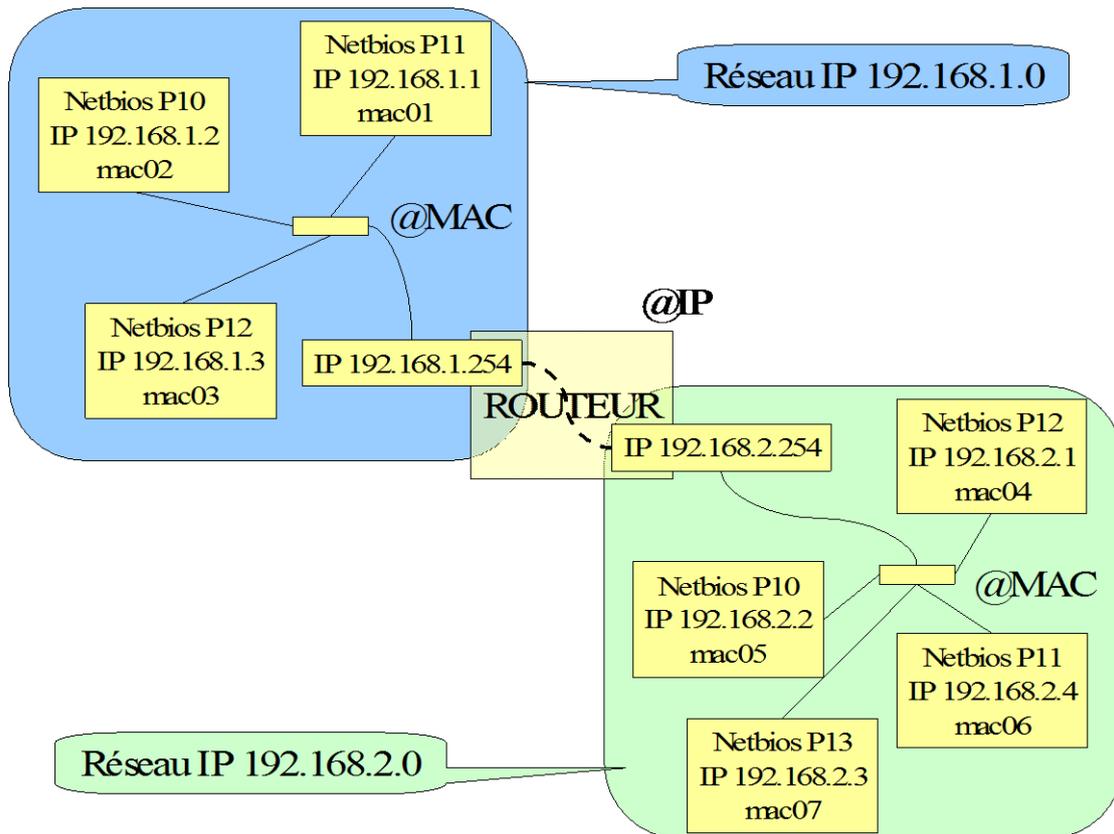


Figure 3 : le routeur, passeur inter-réseaux IP

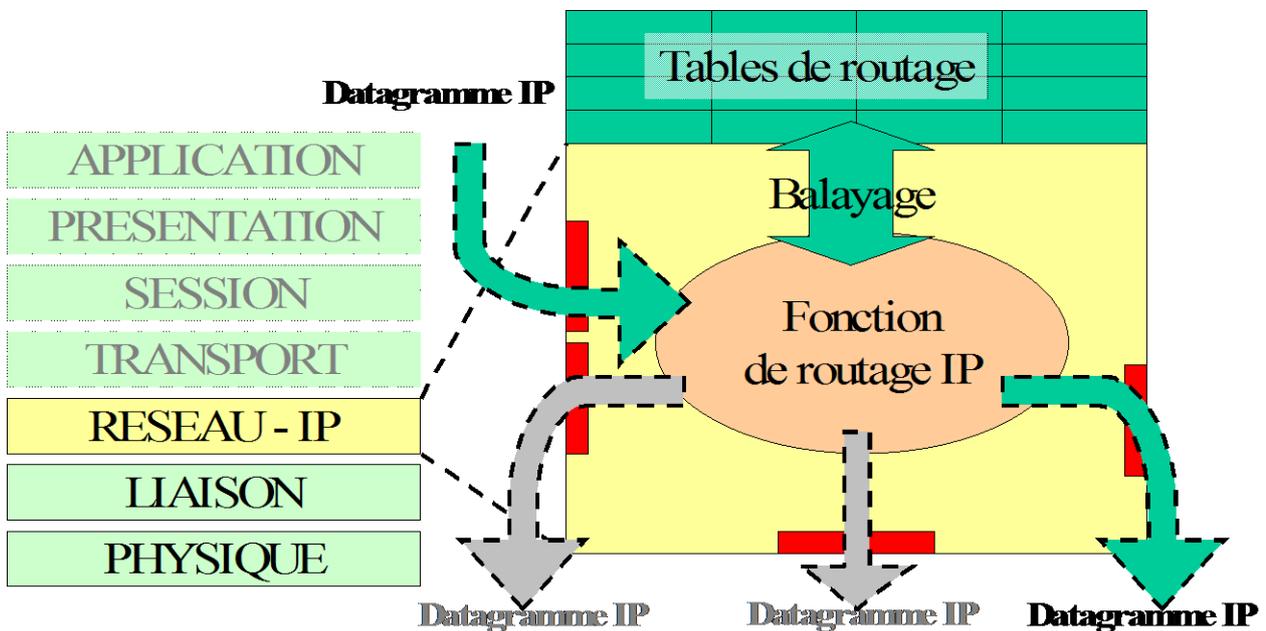


Figure 4 : le datagramme IP arrive à travers une interface et sort par l'interface sélectionnée dans la table de routage

Le **routeur** peut être :

- un équipement particulier permettant de faire le lien entre 2 réseaux (ou plus)
- ou bien un ordinateur équipé de 2 cartes réseaux (ou plus) et dont la fonction de routage a été activée

## B. Etapes du transport

On peut résumer le transport des messages ainsi :

- **TCP, ou UDP, découpe le message en paquets :**
  - UDP envoie le paquet sans certitude de réception (si néanmoins un contrôle doit être assuré, il le sera au niveau de la couche application, comme dans le cas du protocole TFTP)
  - TCP attend un accusé réception (ACK)
- **IP gère une table de routage** permettant d'orienter le datagramme (adresses IP source et destination + paquet) en fonction de l'adresse IP de destination :
  - Si **@IP locale** à l'hôte (= adresse IP de l'une de ses interfaces réseau) : envoi immédiat sans sortir vers le réseau
  - Si **@IP dans le même réseau** : recherche @MAC grâce à une requête ARP, afin d'envoyer ensuite le paquet
  - Sinon recherche de l'adresse MAC du routeur à contacter sur le réseau (passerelle) pour que le paquet poursuive sa route vers d'autres réseaux

Pour chaque trame envoyée sur Internet à l'aide du protocole TCP/IP, on spécifie dans son entête le couple (**adresse IP du destinataire, adresse IP de l'émetteur**), afin de permettre au protocole de routage employé de router le paquet correctement, et à la machine destinataire de connaître l'origine des informations qu'elle reçoit, donc d'y répondre, si besoin est.

Une ou plusieurs adresses IP peuvent être assignées à un hôte. Cette assignation pourra se faire soit manuellement, soit automatiquement par le biais d'un protocole adéquat (comme DHCP ou RARP etc.).

L'adresse IP sera principalement utilisée pour acheminer les données jusqu'au réseau où se trouve la machine de destination, ensuite c'est la table ARP de la dernière passerelle qui sera sollicitée pour convertir l'adresse IP en adresse MAC.

## C. Interconnexion de réseaux et Internet

La fonction de routage ne peut être centralisée ; elle est répartie dans les nœuds qui assurent la construction de ces routes, à travers un réseau maillé.

Chaque nœud doit choisir de manière optimisée, quel sera le prochain nœud sur le chemin (sur quel port il doit orienter le paquet).

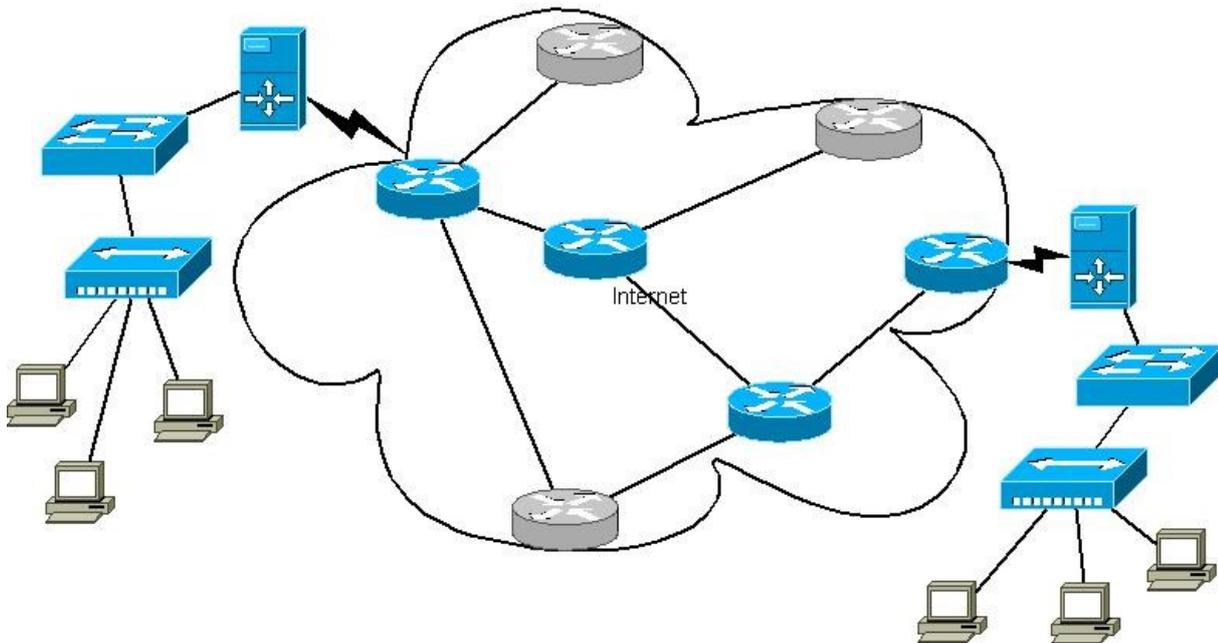


Figure 5 : réseaux locaux communiquant grâce à l'établissement d'une route à travers les routeurs

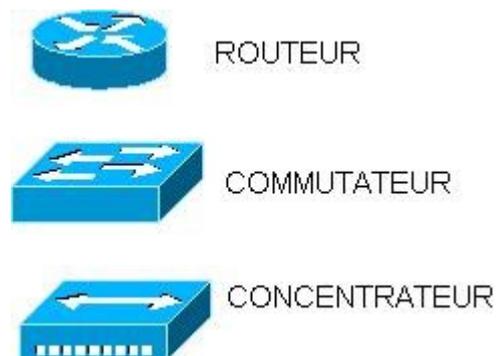


Figure 6 : représentation standard des composants d'interconnexion

Deux **classes d'algorithmes** sont utilisées :

- **Les algorithmes non adaptatifs** : l'ensemble des routes sont mises en place et ne tiennent pas compte de l'état des lignes au moment de l'envoi : **roulage statique**
- **Les algorithmes adaptatifs** : l'observation directe du trafic permet de choisir le meilleur chemin à un moment donné : le **roulage dynamique** ; les routeurs vont s'échanger régulièrement des informations qui vont leur permettre de s'adapter à l'état du réseau

Quelques exemples d'algorithmes :

- **Roulage par inondation** (anglais : flooding) : méthode de la diffusion à tous les ports
- **Roulage du plus court chemin** (notion de graphe, avec nœuds et arc entre les nœuds): les nœuds du réseau maillé connaissent la distance en terme de nœuds à traverser ou de distance géographique et de l'état des liens entre routeurs (ex. protocole **OSPF**, **Open Shortest Path First**)
- **Roulage à vecteur de distance** : pour chaque destination, une table de roulage par nœud permet de connaître les destinations (protocole **RIP**, **Routing Information**)

Protocol, les tables de routages sont échangées de proche en proche par les routeurs)

- **Routage hiérarchique** : le réseau est découpé en plusieurs zones géographiques, chaque routeur doit connaître : le port par chacun des nœuds de sa région, les ports pour sortir vers une autre région, un port par défaut
- **Routages des réseaux sans fil** : basé sur des cellules associées aux stations de base, et passage de cellule en cellule au fur et à mesure de son déplacement

Une table de routage va contenir :

- **Adresse de destination** : hôte ou réseau
- Masque associé à l'adresse de destination
- Adresse du prochain pas
- Interface pour atteindre ce prochain pas (sortie du poste)
- Métrique : coût de la route en terme de routeurs à traverser ; si plusieurs chemins existent pour atteindre une adresse, celui qui correspond au coût le plus faible est utilisé

L'entête du paquet IP contient l'adresse initiale et l'adresse de destination ainsi que le nombre de routeurs traversés : le Time To Live (**TTL**). Ce nombre est décrémenté à chaque fois que le paquet traverse un routeur. Arrivé à 0, le paquet est détruit.

Cela permet d'éviter qu'un paquet boucle à l'infini, à cause d'un problème de routage.

- ▶ **LE ROUTAGE** est soit **STATIQUE** – la route est déterminée et fixe – soit **DYNAMIQUE** – la route change en fonction de l'état du réseau
- ▶ Les **ROUTEURS S'ECHANGENT DES INFORMATIONS** utilisant des protocoles de routage (**RIP, Routing Information Protocol**) afin de calculer la **ROUTE** qui aura **LE COUT LE PLUS FAIBLE**
- ▶ **LE TTL, Time To Live, d'un paquet IP** correspond au nombre maximal de routeur qu'il est autorisé à traverser ; passé ce nombre, il est détruit.

#### IV. Outils de diagnostic réseau

Un certain nombre de commandes vont permettre de vérifier le bon fonctionnement d'un réseau, particulièrement au niveau du protocole IP (couche 3 du modèle OSI).

| Commande                                       | fonction   | Exemple de commande  |
|--|--|--|
| <b>ARP</b>                                     | Visualiser et gérer le <b>cache ARP</b>                                      | arp -a   |
| <b>PING</b>                                    | Permet de vérifier la <b>connectivité</b> du réseau <b>au niveau IP</b>      | ping 192.168.0.1   |
| <b>TRACERT</b><br>Ou<br><b>TRACEROUTE</b>      | Suivre le chemin complet (la route) d'un datagramme IP vers son destinataire | tracert <a href="http://www.google.fr">www.google.fr</a><br>tracert 170.1.15.5 |
| <b>IPCONFIG</b><br>Ou<br><b>IFCONFIG</b><br>Ou | Gérer les paramètres IP d'une machine  | ipconfig /all  |

|                 |   |                         |
|-----------------|---|-------------------------|
| WINIPCONFIG     |   |                         |
| <b>TELNET</b>   | Se connecter à un serveur distant (service Telnet)                                | telnet 192.168.5.200 21 |
| <b>NETSTAT</b>  | Visualiser les ports utilisés sur un ordinateur                                   | netstat                 |
| <b>NBTSTAT</b>  | Lié à Netbios sur TCP/IP (NBT), permet de vérifier le cache local de noms Netbios | nbtstat -c              |
| <b>NSLOOKUP</b> | Permet de vérifier la résolution de noms DNS auprès du serveur DNS                | nslookup                |

## V. La pile de protocoles TCP/IP

---

### A. Les protocoles Réseau (OSI 3) et Transport (OSI 4) de TCP/IP

La communication TCP/IP entre les ordinateurs s'appuie sur 3 protocoles principaux:

- 2 protocoles de transport (niveau OSI 4) :
  - **TCP** (anglais : Transmission Control Protocol) : c'est un protocole qui assure un service fiable, orienté connexion (chaque envoi requiert un accusé réception) ; TCP peut servir plusieurs processus en même temps (notion de multiplexage et d'affectation d'un numéro de port à chaque application, ce qui permet la création de n circuit TCP simultanés)
  - **UDP** (User Datagram Protocol) : contrairement à TCP, ce protocole n'assure pas de service fiable ; par contre il est très rapide (il est utilisé pour transporter de son sur les radios sur Internet)
- 1 protocole de réseau (niveau OSI 3):
  - **IP** (Internet Protocol) : correspond au protocole de livraison des paquets TCP ou datagrammes UDP ; il utilise les adresses logiques IP ; il est indépendant des couches inférieures (1 et 2)

### B. Les protocoles applicatifs (OSI 5 à 7) de la pile TCP/IP

Outre ses protocoles de réseau (IP) et transport (TCP, UDP), TCP/IP offre une panoplie de protocoles liés à la couche Application (couches OSI 5 à 7) :

- **HTTP** (HyperText Transfert Protocol) : protocole de dialogue des navigateurs Web avec les serveurs Web (serveurs HTTP) ; mise à disposition sur le web de documents HTML grâce aux liens hypertextes (hyperliens)
- Protocoles liés à la MESSAGERIE :
  - **SMTP** (Simple Mail Transfert Protocol) : prise en charge du transfert de courrier électronique du serveur SMTP de l'émetteur au serveur SMTP du destinataire ; le protocole associé MIME (Multipurpose Internet Mail Extension) permet de définir les pièces jointes associées aux courriers
  - **POP** et **POP3** (Post Office Protocol) : prise en charge de la récupération du courrier (interrogation, à partir d'un client de messagerie, par exemple Microsoft Outlook) stockés sur un serveur de messagerie

THEME 5 – RESEAUX INFORMATIQUES

- **IMAP et IMAP4** (Internet **M**essage **A**ccess **P**rotocol): prise en charge de la gestion du courrier directement sur le serveur de messagerie ; les messages ne sont pas nécessairement rapatriés ;
- Protocoles liés aux TRANSFERTS DE FICHIERS :
  - **FTP** (File **T**ransfert **P**rotocol) : prend en charge le dialogue de transfert de fichiers vers un hôte distant, indépendamment des systèmes de fichiers ; FTP s’appuie sur le protocole de transport TCP
  - **TFTP** (Trivial **F**ile **T**ransfert **P**rotocol) : prend en charge le dialogue de transfert de fichiers vers un hôte distant, indépendamment des systèmes de fichiers ; TFTP s’appuie sur le protocole de transport UDP
- **Telnet** : c’est un protocole d’émulation de terminal ; il permet de se connecter (d’ouvrir une fenêtre sur) à une machine distante, et d’y lancer des commandes comme si l’on était relié directement à la machine
- **DNS** (**D**omain **N**ame **S**ystem) : protocole permettant de faire le lien entre le nom symbolique et l’adresse IP d’une machine ; un serveur DNS est un programme qui gère un annuaire et répond aux demandes de clients
- **DHCP** (**D**ynamic **H**ost **C**onfiguration **P**rotocol) : protocole de configuration automatique des paramètres TCP/IP pour une machine dans un réseau ; un serveur DHCP s’occupe de cette tâche (attribution d’adresse IP automatiquement, localisation de passerelles, localisation du serveur DNC,...)
- **SNMP** (**S**imple **N**etwork **M**anagement **P**rotocol) : protocole d’administration des machines dans un réseau ; basé sur des datagrammes UDP d’interrogation d’agents SNMP situés sur différents matériels et chargés de donner l’état de ces équipements (les matériels sont organisés selon une décomposition hiérarchique dans une base de données, la MIB, Management Information Base).

| Modèle OSI       |              | Modèle TCP/IP<br>(DoD) | Implémentations<br>de protocoles |     |            |     |
|------------------|--------------|------------------------|----------------------------------|-----|------------|-----|
| Couches<br>5-6-7 | application  | Application            | HTTP                             | POP | SMTP       | ... |
|                  | présentation |                        | Windows SOCKETS                  |     |            |     |
|                  | session      |                        |                                  |     |            |     |
| Couches<br>4     | transport    | Transport              | TCP                              |     | UDP        |     |
| Couche<br>3      | réseau       | Réseau                 | ICMP                             | IP  | (R)ARP     |     |
| Couches<br>1-2   | Liaison      | Interface Réseau       | Ethernet                         |     | Token Ring | ... |
|                  | Physique     |                        |                                  |     |            |     |

Figure 7 : quelques implémentations de protocoles et technologies réseau

**C. Les ports de communication des protocoles**

Chaque protocole doit être implémenté (programme) pour être effectivement exécuté et être opérationnel. Afin d’identifier ces programmes (appelés services), ceux-ci sont

identifiés par un numéro de processus par le système et on leur associé un numéro de port d'écoute d'un protocole, sorte de canal qui va permettre d'associer un paquet reçu par les protocoles de transport et la tâche qui doit traiter ce paquet.

La notion de **socket** (prise) correspond à l'identification d'une connexion à l'écoute des messages issus du réseau; cette identification comporte :

- l'adresse IP de l'émetteur du message
- le protocole de transport (TCP ou UDP)
- un numéro de port (nombre de 0 à 65535, soit  $2^{16} - 1$ )

Sur une machine, on trouve de nombreux ports, parmi lesquels :

- Protocole FTP :
  - TCP 21 : associé au contrôle des échanges (commandes)
  - TCP 20 : associé au transfert des données
- Protocole HTTP :
  - TCP 80 : port standard
  - TCP 8080 : port utilisé par certains serveurs HTTP
  - TCP 443 : associé au http sécurisé (HTTPS)
- Protocole SMTP :
  - TCP 25
- Protocole DNS :
  - TCP / UDP 53

Les numéros de certains ports sont consignés dans un fichier 'services' situés dans system32/drivers/etc sous Windows ou /etc sous Linux.

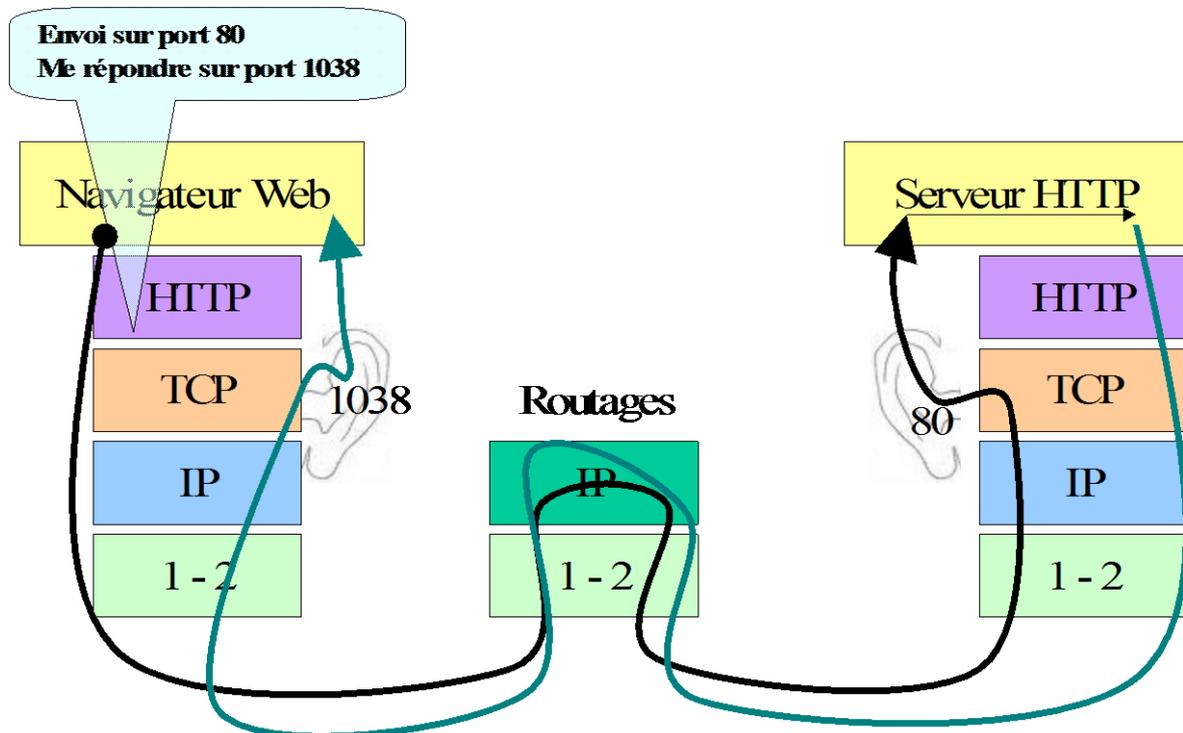


Figure 8 : exemple d'échange entre un client web et un serveur web

#### D. Matériels et couches OSI

- Niveau 1 de la couche OSI

## THEME 5 – RESEAUX INFORMATIQUES

- Le **concentrateur** ou hub : permet de relier plusieurs machines à une même branche du réseau (rôle : faire circuler les signaux)
- le **répéteur** : régénère les signaux affaiblis sur une branche d'un réseau
- Niveau 2
  - le **commutateur** ou switch : il analyse les trames reçues et aiguille les données (les réseaux ont le même protocole de base)
  - le **pont** ou bridge : relier 2 réseaux de protocoles de base différents (niveau 1-2 : Ethernet et Token Ring)
- Niveau 3
  - le **routeur** : lit l'adresse IP des paquets reçus et les réexpédie en fonction de de la table de routage
- Niveau 4
  - la **passerelle** ou gateway : relier 2 réseaux dont les protocoles de niveau 4 sont différents

## Annexes

---

### E. Notation CIDR – tailles de masque

Extrait de <http://www.fags.org/rfcs/rfc1878.html>

The following table lists the variable length subnets from 1 to 32, the CIDR [3] representation form (/xx) and the Decimal equivalents. (M = Million, K=Thousand, A,B,C= traditional class values)

| Mask value: |      |                 | # of                        |           |
|-------------|------|-----------------|-----------------------------|-----------|
| Hex         | CIDR | Decimal         | addresses                   | Classfull |
| 80.00.00.00 | /1   | 128.0.0.0       | 2048 M                      | 128 A     |
| C0.00.00.00 | /2   | 192.0.0.0       | 1024 M                      | 64 A      |
| E0.00.00.00 | /3   | 224.0.0.0       | 512 M                       | 32 A      |
| F0.00.00.00 | /4   | 240.0.0.0       | 256 M                       | 16 A      |
| F8.00.00.00 | /5   | 248.0.0.0       | 128 M                       | 8 A       |
| FC.00.00.00 | /6   | 252.0.0.0       | 64 M                        | 4 A       |
| FE.00.00.00 | /7   | 254.0.0.0       | 32 M                        | 2 A       |
| FF.00.00.00 | /8   | 255.0.0.0       | 16 M                        | 1 A       |
| Etc.        |      |                 |                             |           |
| FF.FF.FF.00 | /24  | 255.255.255.0   | 256                         | 1 C       |
| FF.FF.FF.80 | /25  | 255.255.255.128 | 128                         | 1/2 C     |
| FF.FF.FF.C0 | /26  | 255.255.255.192 | 64                          | 1/4 C     |
| FF.FF.FF.E0 | /27  | 255.255.255.224 | 32                          | 1/8 C     |
| FF.FF.FF.F0 | /28  | 255.255.255.240 | 16                          | 1/16 C    |
| FF.FF.FF.F8 | /29  | 255.255.255.248 | 8                           | 1/32 C    |
| FF.FF.FF.FC | /30  | 255.255.255.252 | 4                           | 1/64 C    |
| FF.FF.FF.FE | /31  | 255.255.255.254 | 2                           | 1/128 C   |
| FF.FF.FF.FF | /32  | 255.255.255.255 | This is a single host route |           |

Site de calcul de masque : <http://www.subnetmask.info/>

### F. Sous-réseaux

Extrait de <http://www.fags.org/rfcs/rfc1878.html>

Table 2-1 from a /16 block

## THEME 5 – RESEAUX INFORMATIQUES

| # bits<br>===== | Mask<br>=====   | Effective Subnets<br>===== | Effective Hosts<br>===== |
|-----------------|-----------------|----------------------------|--------------------------|
| 2               | 255.255.192.0   | 2                          | 16382                    |
| 3               | 255.255.224.0   | 6                          | 8190                     |
| 4               | 255.255.240.0   | 14                         | 4094                     |
| 5               | 255.255.248.0   | 30                         | 2046                     |
| Etc.            |                 |                            |                          |
| 10              | 255.255.255.192 | 1022                       | 62                       |
| 11              | 255.255.255.224 | 2046                       | 30                       |
| 12              | 255.255.255.240 | 4094                       | 14                       |
| 13              | 255.255.255.248 | 8190                       | 6                        |
| 14              | 255.255.255.252 | 16382                      | 2                        |

Table 2-2 from a /24 block

| # bits<br>===== | Mask<br>=====   | Effective Subnets<br>===== | Effective Hosts<br>===== |
|-----------------|-----------------|----------------------------|--------------------------|
| 2               | 255.255.255.192 | 2                          | 62                       |
| 3               | 255.255.255.224 | 6                          | 30                       |
| 4               | 255.255.255.240 | 14                         | 14                       |
| 5               | 255.255.255.248 | 30                         | 6                        |
| 6               | 255.255.255.252 | 62                         | 2                        |