



## Internet et les réseaux

### Contexte

Internet est un réseau mondial de milliards d'appareils interconnectés. Pour qu'ils puissent communiquer, ils suivent tous des **protocoles** : des règles communes définissant la forme et l'ordre des messages échangés.

Un réseau informatique est constitué de **machines** (ordinateurs, smartphones, serveurs...) reliées par des **liens** (câbles, Wi-Fi, fibre optique...) et équipées de **matériel réseau** (commutateurs, routeurs...).

### Vocabulaire

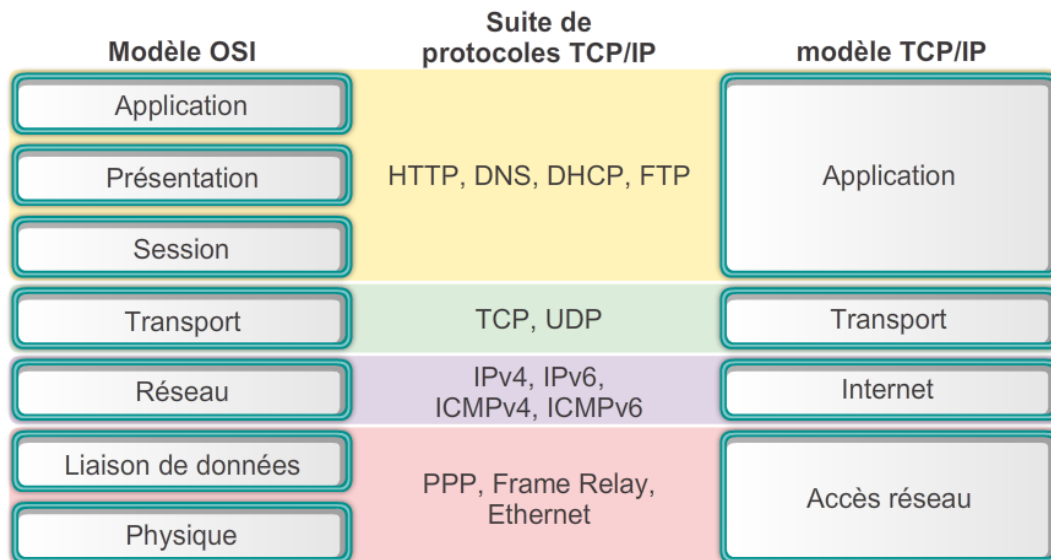
- **Hôte** : machine raccordée au réseau (ordinateur, serveur, smartphone...).
- **Commutateur (switch)** : équipement qui relie plusieurs machines au sein d'un même réseau local.
- **Routeur** : équipement qui relie plusieurs réseaux entre eux et décide du chemin à emprunter par chaque paquet.
- **Protocole** : ensemble de règles permettant à deux machines de communiquer (format des messages, gestion des erreurs...).
- **Paquet** : unité de données transmise sur le réseau. Les données sont découpées en paquets, transmis indépendamment, puis réassemblés à destination.

## Le modèle TCP/IP

### i Principe de la communication en couches

Pour organiser les protocoles, on les répartit en **couches**. Chaque couche remplit un rôle précis et communique uniquement avec les couches adjacentes.

Le modèle **TCP/IP** (utilisé sur Internet) comporte 4 couches. Le modèle **OSI** en comporte 7 (référence théorique plus détaillée).



### 📖 Les 4 couches du modèle TCP/IP

- **Couche accès réseau** : transmission des bits sur le support physique (câble, Wi-Fi). Protocoles : Ethernet, Wi-Fi.
- **Couche Internet** : adressage et routage des paquets à travers plusieurs réseaux. Protocole principal : **IP**.
- **Couche transport** : communication de bout en bout entre deux applications. Protocoles : **TCP** (fiable) et **UDP** (rapide).
- **Couche application** : protocoles utilisés par les logiciels. Exemples : **HTTP/HTTPS** (web), **DNS** (noms de domaine).

## Les adresses IP

### Rôle de l'adresse IP

Chaque machine connectée à un réseau possède une **adresse IP** unique qui permet de l'identifier et de lui acheminer des paquets.

Nous travaillerons avec les adresses **IPv4** (version 4), composées de 32 bits, notées sous forme de 4 octets séparés par des points.

**Exemple :** 192.168.0.10 (chaque octet est entre 0 et 255)

## Network-ID et Host-ID

### Décomposition d'une adresse IP

Une adresse IP contient deux informations :

- le **Network-ID** (Net-ID) : identifie le **réseau** auquel appartient la machine.
- le **Host-ID** : identifie la **machine** au sein de ce réseau.

| 192.168.0.10        |                      |
|---------------------|----------------------|
| Network-ID          | Host-ID              |
| 192.168.0           | 10                   |
| identifie le réseau | identifie la machine |

Le **masque de sous-réseau** permet de déterminer quelle partie de l'adresse est le Net-ID et quelle partie est le Host-ID.

Le masque est composé de 32 bits : les 1 marquent la partie réseau (Net-ID), les 0 marquent la partie machine (Host-ID).

## Appartenance à un même réseau — opération ET

### Comment savoir si deux machines peuvent communiquer directement ?

Lorsqu'une machine A veut envoyer un message à une machine B :

- si A et B sont sur le **même réseau** : le message est envoyé directement via un switch.
- si A et B sont sur des réseaux **différents** : le message doit d'abord passer par un routeur.

Pour le savoir, on applique l'opérateur **ET bit à bit** (&) entre l'adresse IP et le masque.

### Opérateur ET bit à bit

L'opérateur ET (&) compare les bits deux à deux selon la règle :

| $a$ | $b$ | $a \& b$ |
|-----|-----|----------|
| 1   | 1   | 1        |
| 1   | 0   | 0        |
| 0   | 1   | 0        |
| 0   | 0   | 0        |

**Propriété :** deux machines A et B appartiennent au même réseau si et seulement si  $IP\_A \& M = IP\_B \& M$ .

Le résultat de cette opération s'appelle l'**adresse réseau**.

...

### Exemple – PC1, PC2 et PC3 avec masque 255.255.255.0

|                | PC1                                 | PC3                                 |
|----------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| IP (décimal)   | 192.168.0.10                        | 192.168.1.10                        |
| IP (binaire)   | 11000000.10101000.00000000.00001010 | 11000000.10101000.00000001.00001010 |
| Masque (bin.)  | 11111111.11111111.11111111.00000000 |                                     |
| IP & M (bin.)  | 11000000.10101000.00000000.00000000 | 11000000.10101000.00000001.00000000 |
| Adresse réseau | 192.168.0.0                         | 192.168.1.0                         |

Les adresses réseau sont différentes ( $192.168.0.0 \neq 192.168.1.0$ ) → PC1 et PC3 sont sur des réseaux différents et ne peuvent pas communiquer directement : il faut un **routeur**.

En revanche, PC1 (192.168.0.10) et PC2 (192.168.0.11) partagent la même adresse réseau 192.168.0.0 → communication directe possible.

## Notation CIDR et nombre d'hôtes

### Notation CIDR

La notation **CIDR** (Classless Inter-Domain Routing) permet d'écrire l'adresse IP et le masque en une seule expression :

`adresse_IP / nb_bits_réseau`

Le nombre après le / indique combien de bits sont à 1 dans le masque (= taille du Net-ID).

#### Exemples :

- 192.168.0.10/24 → masque 255.255.255.0 (24 bits réseau, 8 bits hôte)
- 10.0.0.5/16 → masque 255.255.0.0 (16 bits réseau, 16 bits hôte)
- 172.20.1.1/20 → masque 255.255.240.0 (20 bits réseau, 12 bits hôte)

### Nombre d'hôtes utilisables

Si le masque est / $n$ , il reste  $32 - n$  bits pour le Host-ID. Le nombre d'adresses disponibles est  $2^{32-n}$ , mais deux sont réservées :

- **Adresse réseau** : tous les bits hôte à 0 (ex : 192.168.0.0)
- **Adresse de diffusion** (broadcast) : tous les bits hôte à 1 (ex : 192.168.0.255)

Le **nombre d'hôtes utilisables** est donc :

$$\text{nb\_hôtes} = 2^{32-n} - 2$$

| CIDR | Masque          | Bits hôte | Calcul       | Nb hôtes   |
|------|-----------------|-----------|--------------|------------|
| /8   | 255.0.0.0       | 24        | $2^{24} - 2$ | 16 777 214 |
| /16  | 255.255.0.0     | 16        | $2^{16} - 2$ | 65 534     |
| /24  | 255.255.255.0   | 8         | $2^8 - 2$    | 254        |
| /26  | 255.255.255.192 | 6         | $2^6 - 2$    | 62         |
| /30  | 255.255.255.252 | 2         | $2^2 - 2$    | 2          |

## Le routage

### Principe

Un **routeur** est un équipement qui relie plusieurs réseaux et achemine les paquets vers leur destination.

Pour cela, chaque routeur possède une **table de routage** : un tableau indiquant, pour chaque réseau destination, par quelle passerelle envoyer les paquets.

### Table de routage

| Réseau destination | Passerelle    | Remarque                    |
|--------------------|---------------|-----------------------------|
| 192.168.0.0/24     | —             | réseau directement connecté |
| 192.168.1.0/24     | 192.168.0.254 | via le routeur voisin       |
| 0.0.0.0/0          | 10.0.0.1      | route par défaut (Internet) |

La **route par défaut** (0.0.0.0/0) s'applique quand aucune autre règle ne correspond.

### Protocoles de routage

Les tables de routage peuvent être remplies :

- **Manuellement** (routage statique) : adapté aux petits réseaux.
- **Automatiquement** (routage dynamique) : les routeurs échangent leurs tables via des protocoles comme **RIP** ou **OSPF**.

## Exercices

\*

### Exercice 1 — Même réseau ?

#### □ Question 1 — Appartenance à un même réseau

Trois machines sont configurées ainsi :

| Machine | Adresse IP    | Masque        |
|---------|---------------|---------------|
| A       | 192.168.1.50  | 255.255.255.0 |
| B       | 192.168.1.200 | 255.255.255.0 |
| C       | 192.168.2.10  | 255.255.255.0 |

1. Calculer l'adresse réseau de chaque machine (IP & M).
2. Les machines A et B peuvent-elles communiquer directement ?
3. Les machines A et C peuvent-elles communiquer directement ? Que faut-il pour qu'elles communiquent ?

 Réponse

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

...

\*

### Exercice 2 — Combien d'hôtes ?

#### □ Question 2 — Nombre d'hôtes et plage d'adresses

On dispose du réseau 10.0.0.0/20.

1. Quel est le masque de sous-réseau en notation décimale ?

2. Combien d'adresses IP ce réseau contient-il au total ?
3. Combien de machines peut-on y connecter (hôtes utilisables) ?
4. Quelle est l'adresse de diffusion (broadcast) de ce réseau ?

 Réponse

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

...

\*

### Exercice 3 — Analyse CIDR

#### □ Question 3 — Notation CIDR

Un administrateur réseau note l'adresse suivante : **172.20.1.242/20**.

1. Donner le masque de sous-réseau en notation décimale.
2. Calculer l'adresse réseau (IP & M) en montrant les étapes en binaire pour le 3<sup>ème</sup> octet.
3. Combien d'hôtes peut accueillir ce réseau ?

 Réponse

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....