

Chapitre 13 - Les réseaux (rappels)

Objectifs :

- ▷ Rappels de la classe de Première sur les réseaux
- ▷ Rappels de la classe de Première sur fonctionnement du protocole TCP/IP

1 Introduction

On appelle **réseau informatique**, un ensemble d'équipements informatiques connectés entre eux par des liaisons physiques.

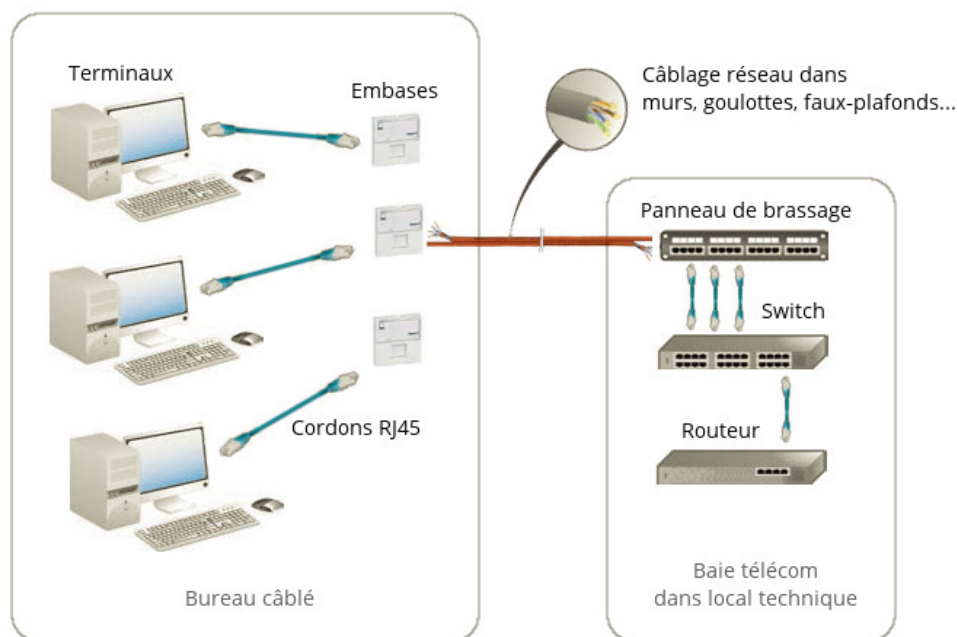
Ces machines distantes échangent des informations sous forme de données binaires.

Pourquoi utilise-t-on des réseaux ?

- ▷ **pour partager des données et des applications ;**
- ▷ **pour partager l'utilisation des périphériques ;**
- ▷ **pour travailler sur une même base de données, un même document ..., etc.**

2 Les composants d'un réseau

Les différents ordinateurs et serveurs sont reliés entre eux comme sur le dessin ci-dessous :



Un **réseau local** peut être constitué des éléments suivants :

- ▷ le **câble réseau** : il peut être en cuivre (appelé **RJ45**) ou en **fibre optique**.
- ▷ la **carte réseau** : elle est l'interface entre l'ordinateur et le câble du réseau. Elle prépare, envoie et contrôle les données sur le réseau. Ces données sont découpées en blocs appelés trames.
- ▷ le **répéteur** : c'est un équipement qui sert à régénérer le signal afin d'étendre la distance du réseau.
- ▷ le **concentrateur** (ou *hub* en anglais) : c'est un boîtier constitué de plusieurs ports Ethernet qui permet la connexion de plusieurs appareils en régénérant le signal, et ne faisant que répercuter les données émises par l'un vers tous les autres équipements qui lui sont reliés.

- ▷ le **commutateur** (ou *switch* en anglais) : c'est un boîtier muni de plusieurs ports Ethernet. Il distribue les trames directement aux machines destinataires, contrairement au **hub**.
- ▷ le **routeur** : c'est un équipement qui permet de relier plusieurs réseaux. Par exemple, tous les ordinateurs du réseau de votre domicile connectés par câble (LAN) ou sans-fil sont connectés au réseau Internet par l'intermédiaire de votre routeur.
- ▷ l'**armoire de brassage** : dans laquelle on trouve tous les composants actifs (hub, switch, routeur, etc...) d'un réseau et toutes les arrivées des câbles d'un secteur.

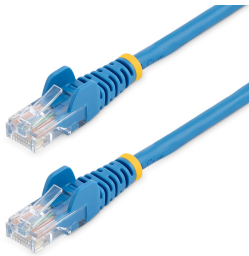


FIGURE 1 – Câble réseau



FIGURE 2 – Carte réseau



FIGURE 3 – Répéteur



FIGURE 4 – Hub



FIGURE 5 – Switch



FIGURE 6 – Routeur

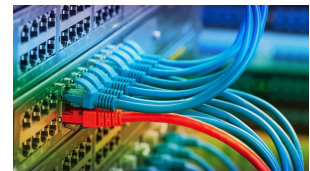


FIGURE 7 – Armoire de brassage

3 D'autres technologies

3.1 Le Wi-Fi

Apparu à la fin des années 1990, le **Wi-Fi** (*Wireless Fidelity*) permet un câblage virtuel entre deux machines en utilisant la modulation des ondes radio.

Les différentes normes 802.11 représentent les variations de débit.



Norme	Nom	Débit théorique	Portée maximale	Bande de fréquence
IEEE 802.11a	Wi-Fi 5	54 Mbits/s	40 m	5 GHz
HYPERLAN1		20 Mbits/s	1 km	5.1-5.3 ghz
HYPERLAN2		54Mbits/s	30 km	5.4-5.7ghz
IEEE 802.11g	Wi-Fi	54 Mbits/s	70 m	2,4 GHz
IEEE 802.11b	Wi-Fi	11 Mbits/s	90 m	2,4 GHz
IEEE 802.11n	Wi-Fi	300 Mbits/s	300 m	2,4GHz/5GHz

3.2 La fibre optique

Elle transporte l'information avec la **lumière** et non plus des 0 et 1. C'est une technologie coûteuse mais beaucoup plus efficace.

Elle est utilisée au coeur du réseau.

Record : 8000 km avec une seule fibre.

En pratique, on relie les continents entre eux (comme par exemple l'Europe et le continent américain) grâce à des câbles sous-marins en fibre optique monomode avec des répéteurs tous les 60 km.

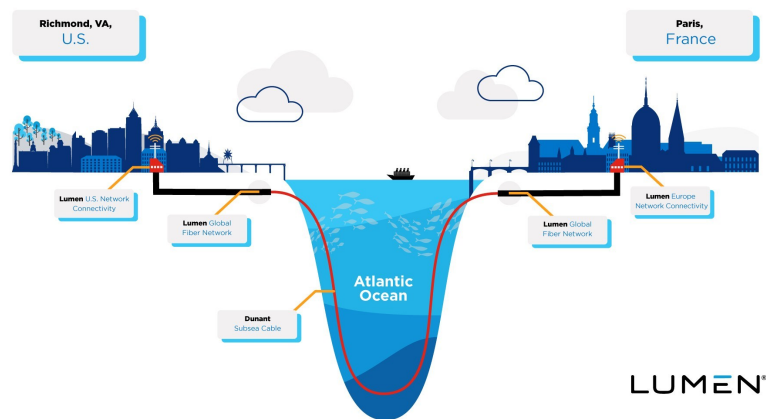


FIGURE 8 – Câblage sous-marin par fibre optique

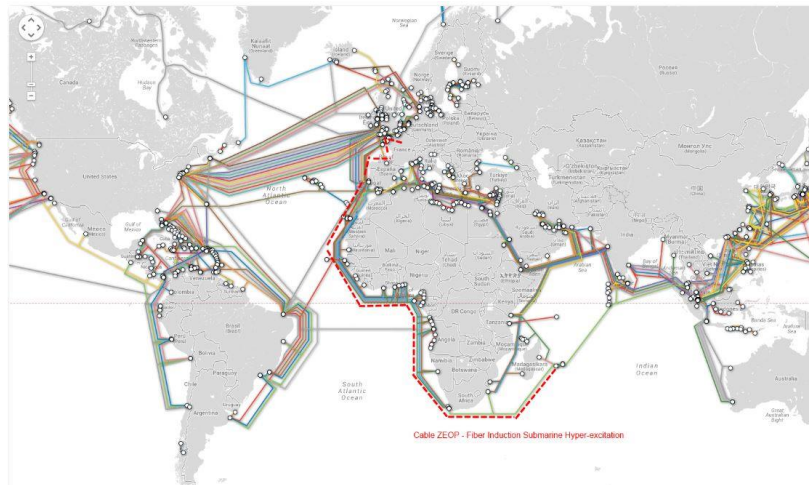


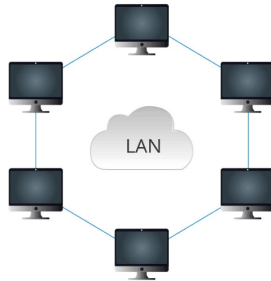
FIGURE 9 – Les câbles sous-marins dans le monde

4 Caractéristiques d'un réseau

4.1 Taille

On distingue généralement trois catégories de réseaux :

4.1.1 LAN : *Local Area Network*



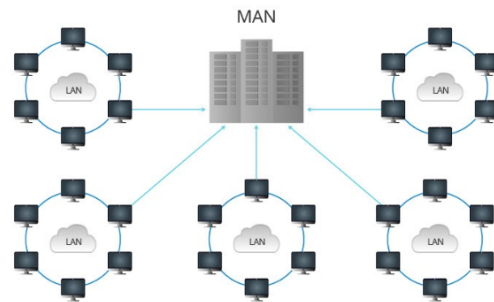
C'est un ensemble d'équipements appartenant à une même société.

Les machines sont situées sur un périmètre géographiquement restreint.

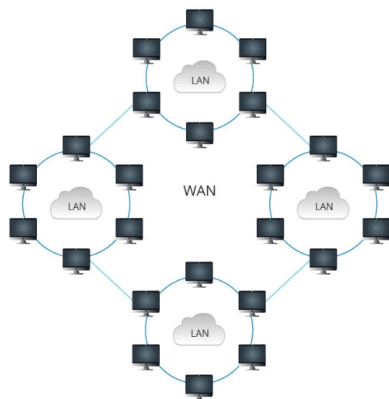
4.1.2 MAN : *Metropolitan Area Network*

Ce type de réseau interconnecte plusieurs LAN.

Dispersion géographique : plusieurs réseaux LAN géographiquement proches.



4.1.3 WAN : *Wide Area Network*



Un WAN interconnecte plusieurs LAN ou MAN.

Dispersion géographique : très grandes distances.

Internet est un WAN.

4.2 Topologie

A retenir !

La topologie d'un réseau (ou architecture physique) décrit la manière dont sont reliées entre elles les machines.

On en rencontre souvent deux :

4.2.1 Réseau en étoile

Le routeur ou *switch* est au centre.

Exemple : un réseau local (LAN) domestique ou d'entreprise



4.2.2 Réseau maillé

Tous les hôtes sont connectés en pair à pair (*Peer to Peer* en anglais) sans hiérarchie centrale.

Exemple : Internet



5 Les protocoles de communication

5.1 Définition

A retenir !

Un protocole de communication est un ensemble de règles et de procédures à respecter pour émettre et recevoir des données sur un réseau.

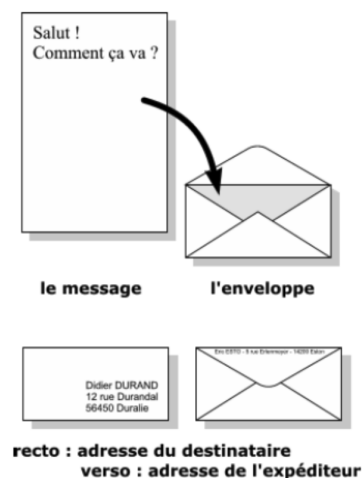
Faisons un parallèle avec l'expédition/la réception de courrier par *La Poste*.

Quand vous voulez envoyer une lettre par *La Poste* :

- vous placez votre lettre dans une enveloppe
- sur le recto vous inscrivez l'adresse du destinataire
- au dos, vous écrivez l'adresse de l'expéditeur (la votre).

Ce sont des règles utilisées par tout le monde.

C'est ce que l'on appelle un **protocole**.



5.2 Modèle OSI ou modèle TCP/IP

Ainsi, les règles utilisées afin de faciliter le transfert de données sur Internet font partie d'un ensemble de protocoles hiérarchisés selon deux modèles :

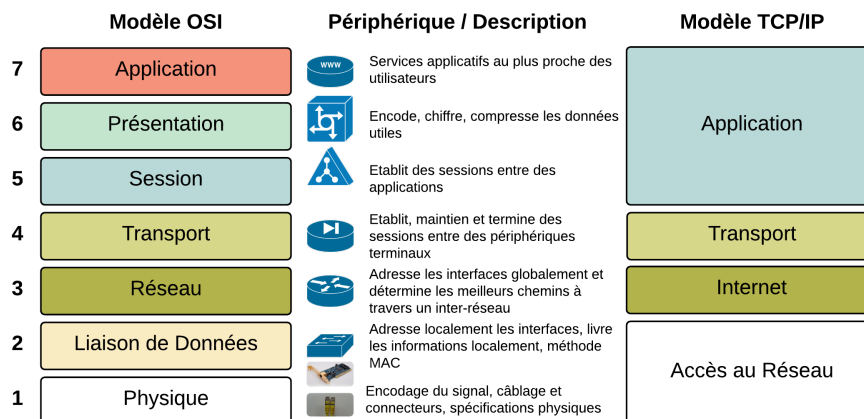
1. le modèle OSI conçu dans les années 1970 par l'ISO
2. le modèle TCP/IP créé en 1983 par Arpanet

Selon les échanges d'informations à effectuer entre ordinateurs, il existe de nombreux protocoles de communication ou d'encodage. Par exemple, avec le modèle OSI en 7 couches, on a :

- HTTP
- FTP
- VoIP
- ASCII
- Ethernet, Wifi, ..., etc.

Application : HTTP(S), FTP, SSH, VoIP
Présentation : ASCII, Unicode, MIME
Session : ISO 8327, RPC, NetBIOS
Transport : TCP, UDP, SCTP
Réseau : IP, ARP, ICMP
Liaison : Ethernet, Wi-Fi, Bluetooth
Physique : techniques de codage du signal

Et les correspondances avec le modèle TCP/IP :



Nous n'étudierons ici que le modèle **TCP/IP** (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*).

C'est un protocole, c'est-à-dire un **ensemble de règles de communication** qui réunit :

- **TCP** : *Transmission Control Protocol*
- **IP** : *Internet Protocol*

Ils interviennent à des niveaux différents que l'on appelle **couches** afin de réaliser :

- ▷ 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**.

6 Le protocole TCP/IP

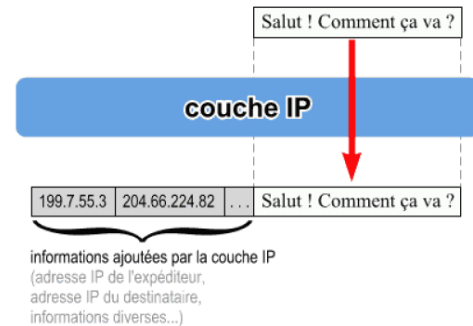
6.1 Le protocole IP

Pour pouvoir transmettre un message il faut connaître l'émetteur et le récepteur du message. Faisons un parallèle avec une lettre envoyée par la poste :

- On met la lettre dans une enveloppe,
- On inscrit l'adresse du destinataire,
- On inscrit l'adresse de l'expéditeur.

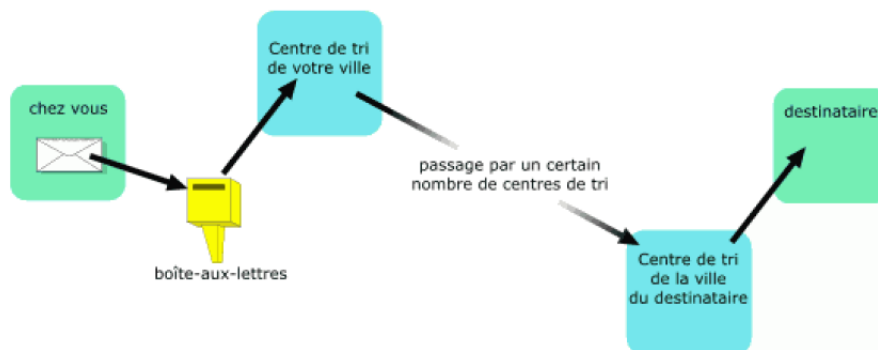
Sur Internet, c'est à peu près la même chose. Chaque message (chaque petit paquet de données) est enveloppé par le protocole IP qui y ajoute différentes informations :

- l'adresse IP de l'expéditeur,
- l'adresse IP du destinataire,
- des données supplémentaires (qui permettent de bien contrôler l'acheminement du message).



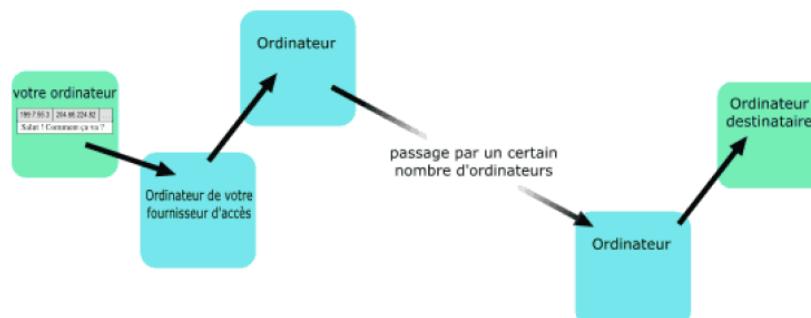
6.2 Le routage IP

Pour envoyer votre lettre, vous la postez dans la boîte aux lettres la plus proche. Ce courrier est relevé, envoyé au centre de tri de votre ville, puis transmis à d'autres centres de tri jusqu'à atteindre le destinataire.



C'est la même chose sur Internet.

Vous déposez le paquet IP sur l'ordinateur le plus proche (celui de votre fournisseur d'accès en général). Le paquet IP va transiter d'ordinateur en ordinateur jusqu'à atteindre le destinataire.

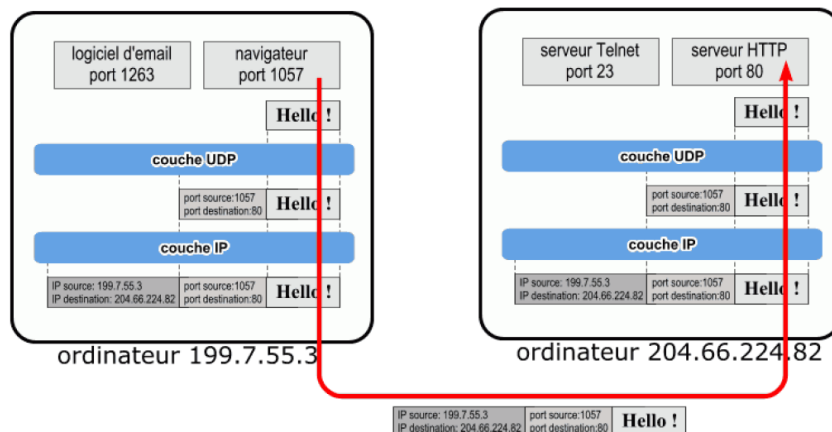


6.3 Le protocole UDP

IP nous permet d'envoyer et de recevoir des paquets de données d'un ordinateur à un autre.

Mais si nous avons plusieurs applications qui fonctionnent sur l'ordinateur (un navigateur, un logiciel d'e-mail, un logiciel de visioconférence, ..., *etc.*), comment faire pour savoir à quel logiciel délivrer les paquets ?

On attribue alors un numéro unique à chaque logiciel dans l'ordinateur (comme pour les portes d'un immeuble). C'est ce qu'on appelle les **ports**. Ces ports sont des informations présentes dans les datagrammes du **protocole UDP** (*ports*).



6.4 Le protocole TCP

On peut envoyer des paquets de données d'un ordinateur à un autre (protocole IP) et s'adresser au bon logiciel (protocole UDP), cependant il y a encore des problèmes :

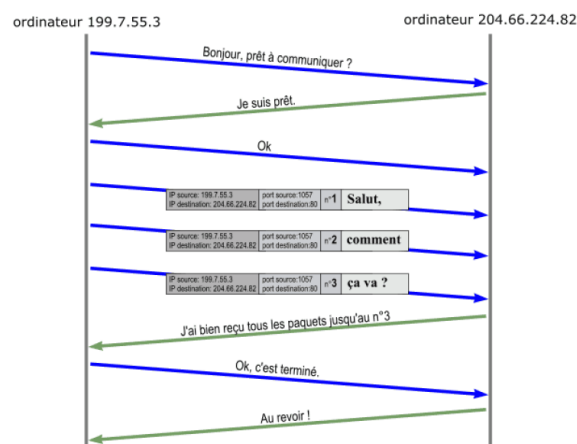
- Des paquets peuvent se perdre.
- Rien ne permet de savoir s'ils sont bien arrivés.
- La taille des paquets est limitée (1500 octets environ). Et si je veux envoyer une photo de 100 000 octets ?

C'est le rôle du protocole **TCP** (*Transmission Control Protocol*) de régler tous ces éventuels problèmes.

TCP sait faire :

- ▷ Tout ce que UDP sait faire (ports).
- ▷ Vérifier que le destinataire est prêt à recevoir les données.
- ▷ Découper les gros paquets en paquets plus petits.
- ▷ Numéroté les segments, vérifier qu'ils arrivent à destination (les redemander sinon), les réordonner.
- ▷ Émettre des accusés de réception.

Par exemple, pour envoyer le message "Salut, comment ça va ?", voilà ce que fait TCP (chaque flèche représente un paquet IP) :



À l'arrivée, sur l'ordinateur 204.66.224.82, la couche TCP reconstitue le message "Salut, comment ça va ?" à partir des trois paquets IP reçus et le donne au logiciel qui est sur le port 80.

6.5 Perte de paquets

Il se peut, et cela est courant que des paquets se perdent...

Les causes possibles sont nombreuses :

- Engorgement d'un serveur
- Délai d'attente trop long

Le protocole TCP contrôle l'envoi et la bonne réception des paquets avec des accusés de réception.

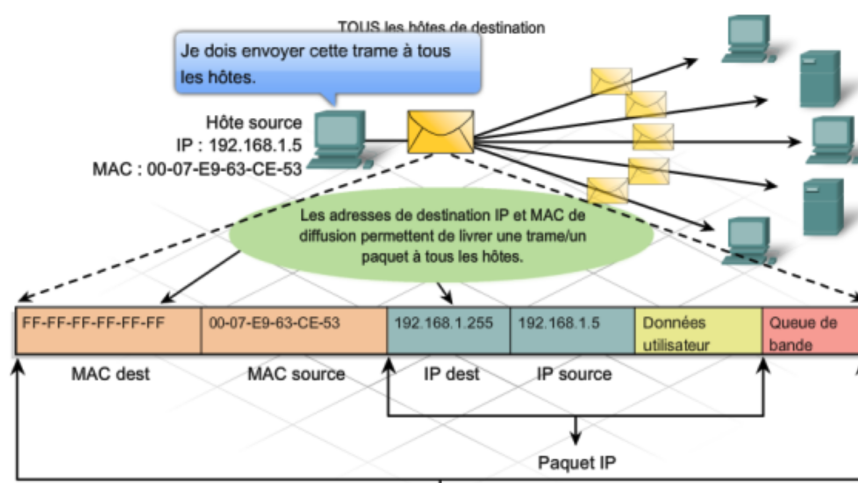
(**ACK** : *acknowledgement* ou acquittement en français).

Ce processus d'acquittement permet de détecter les pertes de paquets.

6.6 En résumé

A retenir !

- ▷ Afin de faciliter la communication et d'éviter les erreurs pendant la transmission, les informations sont divisées en **paquets (ou trames)** au lieu d'être envoyées en un seul bloc.
- ▷ Chaque paquet transmis via le protocole IP contient dans son en-tête l'**adresse IP** de l'émetteur ainsi que l'adresse IP du destinataire.
- ▷ Cela permet aux machines du réseau de router les paquets jusqu'à destination grâce à l'adresse IP.
- ▷ Le destinataire saura ainsi à qui renvoyer les données grâce à l'adresse IP de l'émetteur contenu dans les en-têtes des paquets envoyés.



7 Adresse IP et adresse MAC

7.1 Adresse MAC

A retenir !

En réseau informatique une **adresse MAC** (*Media Access Control address*) est un identifiant physique stocké dans une carte réseau ou une interface réseau similaire et utilisé pour attribuer **mondialement une adresse unique**.

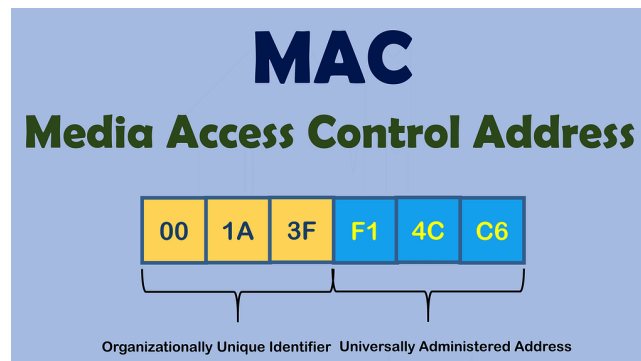
Elle est appelée également **adresse physique**.

Une adresse MAC est constituée de **6 octets** et est généralement représentée sous la forme **hexadécimale**, en séparant les octets par un **double point** ou un **tiret**.

Exemple : **00:0C:6E:A2:AF:15**

L'adresse est divisée en deux parties égales : (soit 2×3 octets) :

- ▷ les 3 premiers octets désignent le **constructeur**
- ▷ les 3 derniers octets désignent le **numéro d'identifiant de la carte** (unique)



7.2 Adresse IP

TCP/IP se base sur la notion d'adressage IP. Ainsi, chaque machine connectée au réseau reçoit une adresse IP dans le but d'acheminer des paquets de données.

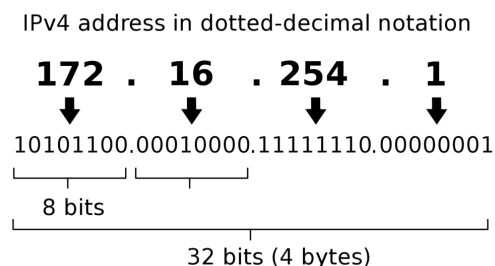
A retenir !

Une **adresse IP** est une suite de chiffres qui joue un rôle d'identification et qui permet l'acheminement (ou routage) des paquets de données d'un ordinateur connecté à un réseau local ou à Internet.

Les adresses IP permettent d'identifier les cartes réseau ou tout matériel se connectant à un réseau (modem, routeur, switch, imprimante réseau...)

Actuellement la norme utilisée est l'IP version 4 : *IPv4*.

Ainsi, une adresse IP est codée sur 32 bits soit **4 octets**.



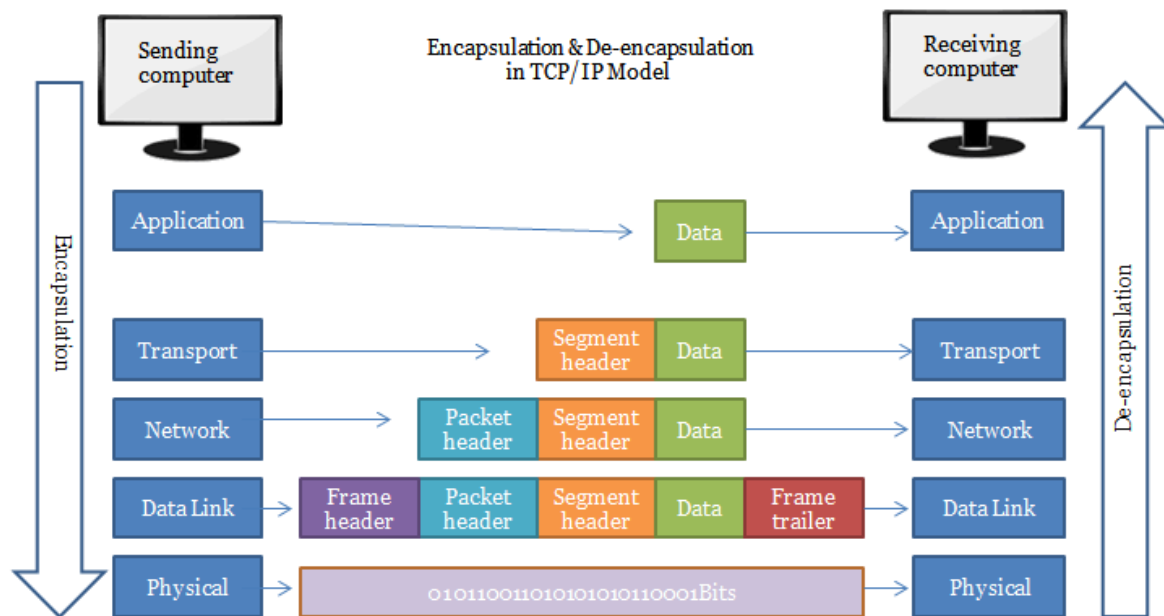
Elle est composée de 4 nombres entiers (en base 10) compris entre 0 et 255 **séparés par un point**.

Exemple : 192.168.0.1 est certainement l'adresse IP privée du routeur de votre domicile.

8 Encapsulation des données

A chaque fois qu'un protocole reçoit une donnée d'une couche supérieure, celui-ci ajoute des informations qu'il place au début de la donnée (ou entête), créant ainsi une nouvelle donnée. C'est ce que l'on appelle l'**encapsulation**.

La nouvelle donnée créée est envoyée à la couche directement inférieure (si elle existe) selon le schéma suivant :



Inversement, à chaque fois qu'un protocole reçoit une donnée d'une couche inférieure, il enlève les données d'entête correspondant à son protocole (on appelle cette opération la **décapsulation**) puis envoie la donnée décapsulée à la couche directement supérieure (si elle existe).

9 Quelques commandes à connaître

Avec un système d'exploitation *Windows*, après avoir lancé un terminal sous *Windows* (*Command Prompt*), il est possible d'exécuter quelques commandes réseau basiques telle que :

9.1 ipconfig

A retenir !

`ipconfig` est une commande qui permet d'afficher la configuration réseau d'un PC.

Avec un système d'exploitation de type *Linux* ou *MacOs*, la commande similaire se nomme `ifconfig`.

```

C:\WINDOWS\system32\CMD.exe
C:>ipconfig /renew
Windows IP Configuration

Ethernet adapter Local Area Connection 3:

    Connection-specific DNS Suffix  . : localdomain
    IP Address. . . . .               : 192.168.226.132
    Subnet Mask . . . . .             : 255.255.255.0
    Default Gateway . . . . .         : 192.168.226.2
C:>_

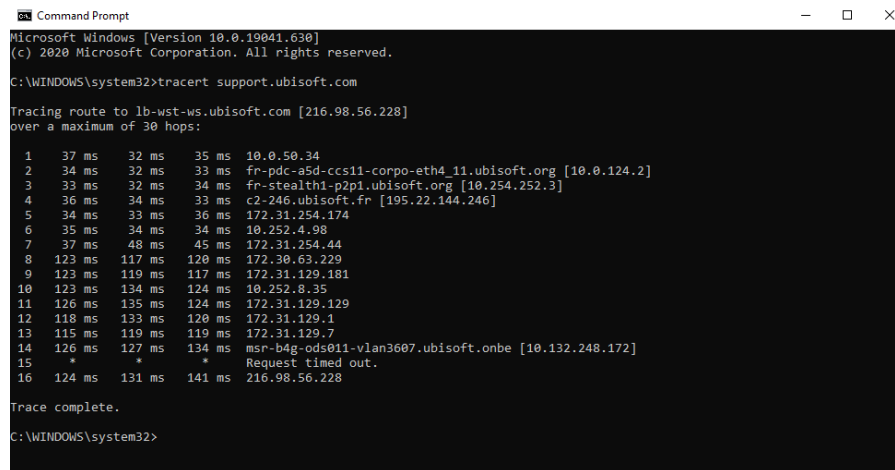
```

9.2 tracert

A retenir !

tracert est une commande qui permet de suivre les chemins qu'un paquet de données va prendre pour aller de la machine locale à une autre machine connectée au réseau IP.

Avec un système d'exploitation de type *Linux* ou *MacOs*, la commande similaire se nomme **traceroute**.



```
Microsoft Windows [Version 10.0.19041.630]
(c) 2020 Microsoft Corporation. All rights reserved.

C:\WINDOWS\system32>tracert support.ubisoft.com

Tracing route to lb-wst-ws.ubisoft.com [216.98.56.228]
over a maximum of 30 hops:
  0  37 ms  32 ms  35 ms  10.0.50.34
  1  34 ms  32 ms  33 ms  fr-pdc-a5d-ccs11-corporo-eth4_11.ubisoft.org [10.0.124.2]
  2  33 ms  32 ms  34 ms  fr-stealth1-p2p1.ubisoft.org [10.254.252.3]
  3  36 ms  34 ms  33 ms  c2-246.ubisoft.fr [195.22.144.246]
  4  34 ms  33 ms  36 ms  172.31.254.174
  5  35 ms  34 ms  34 ms  10.252.4.98
  6  37 ms  48 ms  45 ms  172.31.254.44
  7  123 ms  117 ms  120 ms  172.30.63.229
  8  123 ms  119 ms  117 ms  172.31.129.181
  9  123 ms  134 ms  124 ms  10.252.8.35
 10  126 ms  135 ms  124 ms  172.31.129.129
 11  118 ms  133 ms  120 ms  172.31.129.1
 12  115 ms  119 ms  119 ms  172.31.129.7
 13  126 ms  127 ms  134 ms  msn-b4g-od5011-vlan3607.ubisoft.onbe [10.132.248.172]
 14  *      *      *      Request timed out.
 15  124 ms  131 ms  141 ms  216.98.56.228

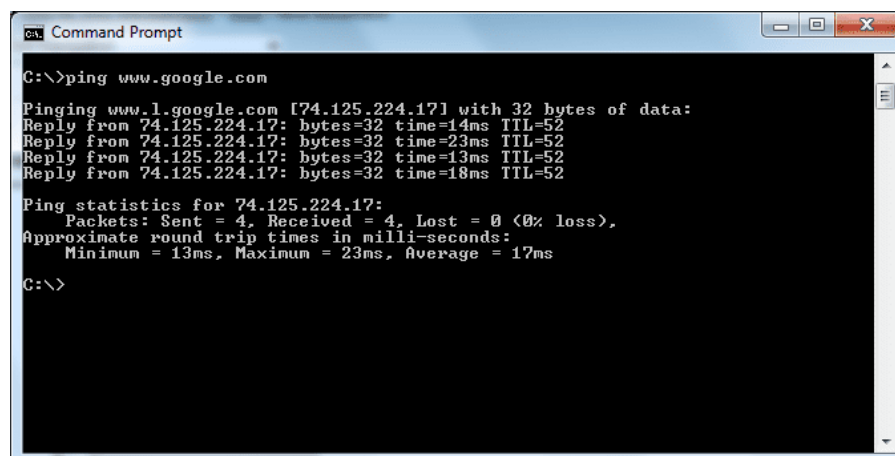
Trace complete.

C:\WINDOWS\system32>
```

9.3 ping

A retenir !

ping est une commande permettant de tester l'accessibilité d'une autre machine à travers un réseau IP. La commande mesure également le temps mis pour recevoir une réponse, appelé *round-trip time*.



```
Command Prompt

C:\>ping www.google.com

Pinging www.l.google.com [74.125.224.17] with 32 bytes of data:
Reply from 74.125.224.17: bytes=32 time=14ms TTL=52
Reply from 74.125.224.17: bytes=32 time=23ms TTL=52
Reply from 74.125.224.17: bytes=32 time=13ms TTL=52
Reply from 74.125.224.17: bytes=32 time=18ms TTL=52

Ping statistics for 74.125.224.17:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 13ms, Maximum = 23ms, Average = 17ms

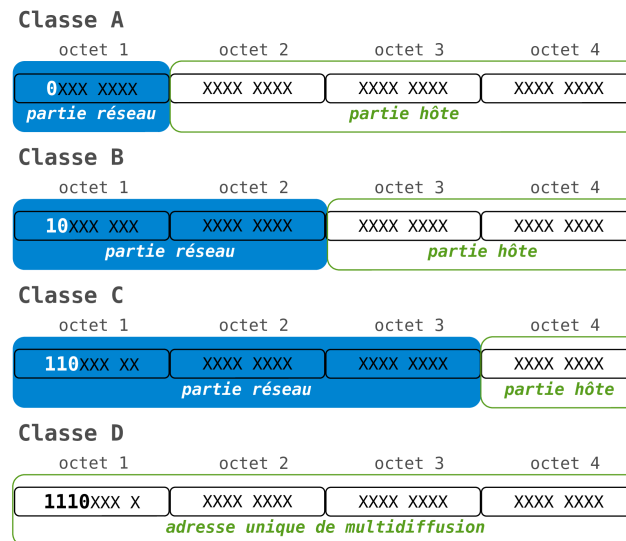
C:\>
```

10 Exercices

Exercice 1 : Classes d'adresses

Rappel : Une adresse IP est composée d'une partie d'**adresse du réseau** et une deuxième partie qui correspond à l'**adresse de la machine** ou adresse hôte.

On dénombre 3 classes d'adresses IP :



1. Trouver les adresses IP minimales et maximales des classes A, B et C.
2. Combien de machines peut-on connecter dans un réseau de classe A, B et C ?
3. Quels sont les masques de sous-réseau dans un réseau de classe A, B et C ?

Exercice 2 : Notation IP/n

	Adresse réseau	Adresse machines		
Classe A	Octet n°4	Octet n°3	Octet n°2	Octet n°1
Classe B	Octet n°4	Octet n°3	Octet n°2	Octet n°1
Classe C	Octet n°4	Octet n°3	Octet n°2	Octet n°1

On peut voir dans la classe A que l'on peut avoir beaucoup d'adresse machines (224) mais seulement 255 réseaux. A la différence de la classe C, on peut avoir beaucoup de réseaux (224) mais peu de machines dans le réseau (255).

Attention, on ajoute souvent à l'adresse IP un "/" suivi d'un nombre qui correspond au nombre de bits de l'adresse réseau. Si ce nombre est 8 (exemple : 192.168.2.1/8), le premier octet est consacré à l'adresse réseau, le reste est consacré à la partie machine de l'adresse IP. On aura donc une adresse réseau de la forme 192.0.0.0

Déterminer les adresses réseaux à partir des adresses IP suivantes :

- 147.12.1.24/16
- 192.168.2.45/24
- 50.230.65.87/10

Exercice 3 : Soient 2 machines A et B connectées à un switch, déterminer l'adresse de réseau de chaque machine et vérifier qu'elles peuvent communiquer ensemble, justifier :

1. adresse IP de A : 172.23.4.7/16 ; adresse IP de B : 172.23.5.8/16
2. adresse IP de A : 24.2.8.127/11 ; adresse IP de B : 24.23.5.52/11
3. adresse IP de A : 193.28.7.2/22 ; adresse IP de B : 193.28.8.3/22

Exercice 4 : Adresses réservées

Il est à noter que certaines adresses IP ne sont pas disponibles :

- ▷ une adresse réseau ne peut pas être attribuée à une machine, par exemple aucune machine ne pourra avoir l'adresse IP 192.168.1.0/24 ou encore l'adresse IP 255.0.0.0/8
- ▷ les adresses IP qui ont tous les octets de la partie "machines" de l'adresse IP à 255 ne sont pas utilisables (ce sont des adresses de *broadcast* qui permettent d'envoyer des données vers toutes les machines d'un réseau).

Exemples : 192.167.24.255/24, 172.28.255.255/16 ou encore 4.255.255.255/8 sont des adresses de *broadcast*.

Combien de machines peut-on trouver au maximum :

1. dans un réseau d'adresse réseau 192.168.2.0/24 ?
2. dans un réseau d'adresse réseau 176.24.0.0/16 ?
3. dans un réseau d'adresse réseau 50.192.0.0/10 ?

Exercice 5 : IPv4 ou IPv6

1. Combien y a-t-il d'adresses IP disponibles avec le protocole IPv4 ?
2. Combien y a-t-il de personnes connectées à Internet en 2023 ?
3. Comment est codé une adresse IP selon le nouveau protocole IPv6 ?
4. Combien y a-t-il d'adresses IP disponibles avec le protocole IPv6 ?
5. Depuis quand fonctionne le protocole IPv6 ?

Exercice 6 : Adresse MAC

1. Ouvrir un terminal (Taper `cmd` ou `powershell` dans la barre de recherche *Windows*).
2. Trouver l'adresse MAC de votre carte réseau (avec la commande `ipconfig /all`).
3. A l'aide de la commande `ping` suivie de l'adresse Internet du site, trouver l'adresse IP des sites `www.twitter.com` et `www.google.fr`. Y a-t-il une différence ?
4. A l'aide de la commande `tracert`, suivie de l'adresse IP du site, trouver les routeurs rencontrés pour accéder au site `www.twitter.com`.

Exercice 7 : Masque de sous-réseau

Le masque est un séparateur entre la partie réseau et la partie machine d'une adresse IP. Le masque est une suite de 4 octets, comme l'adresse IP.

Pour définir le masque, il nous suffit de dire que les bits à 1 représenteront la partie réseau (*Net-ID*) de l'adresse, et les bits à 0 la partie machine (*Host-ID*).

Ainsi, on fera une association entre une adresse IP et un masque pour savoir dans cette adresse IP quelle est la partie réseau et quelle est la partie machine de l'adresse.

Réseau			Machine
11111111	. 11111111	. 11111111	. 00000000
255	. 255	. 255	. 0

Ainsi, dans l'exemple ci-dessus, il nous reste 8 bits à 0, on aura donc la possibilité d'avoir 2^8 machines disponibles dans ce sous-réseau qui pourront dialoguer entre-elles.

L'adresse réseau permet de savoir si 2 machines peuvent communiquer entre elle. Si ces 2 machines ont une adresse réseau identique, alors, elles appartiennent au même réseau et elles peuvent communiquer.

Calculer l'adresse réseau de la machine suivante :

- Adresse IP : 24.2.179.127
- Masque : 255.255.224.0

Exercice 8 : Réseau d'une petite entreprise

Vous travaillez dans le cabinet comptable **S.A Compta**. Tous les ordinateurs du cabinet sont en réseau comme sur le schéma. Nous sommes en présence d'un réseau utilisant le protocole TCP/IP.

Les adresses IP de chaque nœud du réseau sont listées dans le tableau suivant :

Adressage IP du réseau	
PC1	192.168.10.6
PC2	192.168.10.7
PC3	192.168.10.8
PC4	192.168.10.9
Serveur 1	192.168.10.100
Serveur 2	192.168.10.200



1. Quel est le masque de sous-réseau utilisé ?
2. Indiquer quelle est l'adresse IP du réseau ?
3. Déterminer le nombre de machines que l'on peut brancher dans ce réseau.
4. Quels sont les différents sous-réseaux obtenus si le 4ème octet du nouveau masque est : 11000000. Dans ce cas les machines pourront-elles encore communiquer ? Expliquer. Comment peut-on y remédier ?

Exercice 9 : TP Filius

Suivre les instructions du [document suivant](#) pour simuler plusieurs réseaux avec le logiciel *Filius*.

Exercice 10 : QCM de révision

Répondre aux questions du QCM sur le [site suivant](#).

Exercice 11 : Exercices d'entraînement

Faire les [exercices en ligne suivants](#).