

Réseaux informatiques

1) Les réseaux et Internet

a) Introduction et historique

Internet est **LE** réseau informatique mondial accessible au public. C'est un **réseau de réseaux**, composé de millions de réseaux, eux-mêmes regroupés en réseaux autonomes. L'information est transmise via Internet grâce à un **ensemble de protocoles de transfert de données**, qui permet de nombreuses **applications** :

- courrier électronique,
- navigation Web,
- la messagerie instantanée,
- téléphonie sur IP,
- transfert de données en flux continu (streaming),
- le partage d'égal à égal (peer-to-peer),
- objets connectés ...



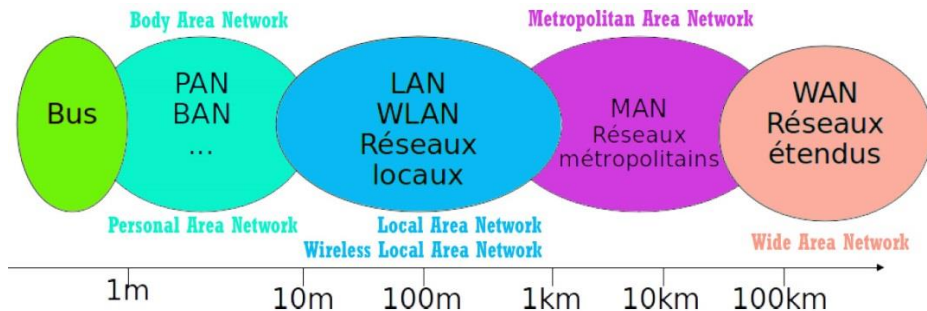
Historique d'internet :

- 1961-1972 : conception et installation des premiers réseaux de **commutation par paquet** (MIT, UCLA, Stanford, **ARPANET**, ...).
- 1972-1990 : développement et prolifération de réseaux propriétaires (ALOHAnet, Telnet, SNA, Cyclades, ...). En 1983, le réseau Arpanet adopte la suite de protocoles **TCP/IP** qui sera la base d'Internet.
- 1990 : explosion de l'internet. Tim Berners-Lee conçoit le web (1989-1991), un ensemble de pages en **HTML** mélangeant du texte, des liens, des images, adressables via une **URL** et accessibles via le protocole **HTTP**.
- 2019 : internet dépasse 1,7 milliards de sites en ligne, pour plus de quatre milliards d'internautes. Le nombre de sites, d'internautes, de courriels envoyés, de recherches effectuées est en augmentation constante. La consommation électrique mondiale d'internet s'élève à un peu plus de 1,6 GWh par jour, soit environ l'équivalent du tiers de la production française d'électricité (source : <https://www.internetlivestats.com/>).

b) Classification des réseaux

Les réseaux peuvent être classifiés selon la taille du réseau (l'**étendue**), le **mode de fonctionnement** (commutation de circuits / par paquet), le **mode de transmission** (connecté / non connecté).

Classement des réseaux selon l'étendue :



Communication de circuit :

Un chemin physique est établi et verrouillé entre deux équipements pour toute la durée de la communication.

Le principal défaut de la commutation de circuit est de monopoliser un circuit même s'il n'y a pas de transfert de donnée (lors d'un blanc dans une conversation par exemple).



Communication de circuits - 1957

Communication par paquet :

Cette technique est fondée sur le découpage des données en paquets pour permettre une utilisation rationnelle du réseau. Chaque paquet est composé d'un en-tête contenant des informations sur son contenu et sa destination (s'il n'y a pas de conversation, alors il n'y a pas de paquet). Les messages sont segmentés en paquets par la source et reconstitués par le destinataire. La commutation par paquets est la base des communications de données dans les réseaux informatiques.

Mode connecté :

Avant le transfert des paquets, les entités qui sont prêtes à échanger des données doivent se déclarer comme souhaitant effectivement le faire. Le mode connecté fournit la garantie que les paquets arriveront, dans le bon ordre (modèle du mode connecté est la conversation téléphonique : on appelle, on décroche, on parle, on répète éventuellement s'il y a du bruit, on raccroche).

Mode non connecté :

Chaque paquet comporte un en-tête contenant l'adresse de destination, suffisante pour la livraison autonome du paquet. Le mode non connecté permet l'envoi plus rapide des données mais la source ne sait pas quels paquets sont arrivés à destination (modèle : envoi de courrier postal).

c) Notion de protocole réseau

Un **protocole réseau** définit le format et l'ordre des messages échangés entre deux entités ou plus ainsi que les actions générées au moment de la transmission ou réception d'un message ou autre événement.

2) Protocoles de l'internet

La suite **TCP/IP** est l'ensemble des protocoles utilisés pour le transfert des données sur Internet. La suite TCP/IP est souvent appelée **TCP/IP**, d'après le nom de ses deux premiers protocoles : TCP (**T**ransmission **C**ontrol **P**rotocol) et IP (**I**nternet **P**rotocol).

On distingue deux types de communication :

- **Communication client/serveur**
Une machine cliente (qui demande un service) contacte une machine serveur (qui répond à la demande du client). On a une logique de client-serveur : l'un fait une demande, l'autre lui apporte une réponse.
- **Communication d'égal à égal (peer to peer)**
Chaque machine demande des services et en propose en retour.

Les machines distantes peuvent communiquer entre elles grâce à leur adresse IP.

a) Principe d'une transmission sur le réseau

→ Analogie avec la transmission d'une lettre par la poste :

- Etape 1 : Ecrire le message sur la lettre.
- Etape 2 : Placer la lettre dans l'enveloppe.
- Etape 3 : Ecrire l'adresse du destinataire sur l'enveloppe.
- Etape 4 : Ecrire l'adresse de l'expéditeur au dos de l'enveloppe.
- Etape 5 : Poster la lettre dans la boîte aux lettres la plus proche.
- Etape 6 : La lettre est transmise au centre de tri.
- Etape 7 : La lettre transite par différents centres de tri (transport en camion, train ou avion).
- Etape 8 : La lettre arrive au centre de distribution.
- Etape 9 : La lettre est déposée par le facteur dans la boîte aux lettres.
- Etape 10 : La lettre est confiée à son destinataire.
- Etape 11 : La lettre est lue.

C'est un peu la même chose sur internet, par analogie : les messages sont placés dans des enveloppes qui sont placées dans des sacs qui sont transportés dans des camions vers un premier centre de tri puis replacés dans d'autres sacs pour être emportés vers un autre centre de tri par d'autres camions etc ... jusqu'à la livraison finale.

On distingue ainsi quatre niveaux appelés **couches du protocole** :

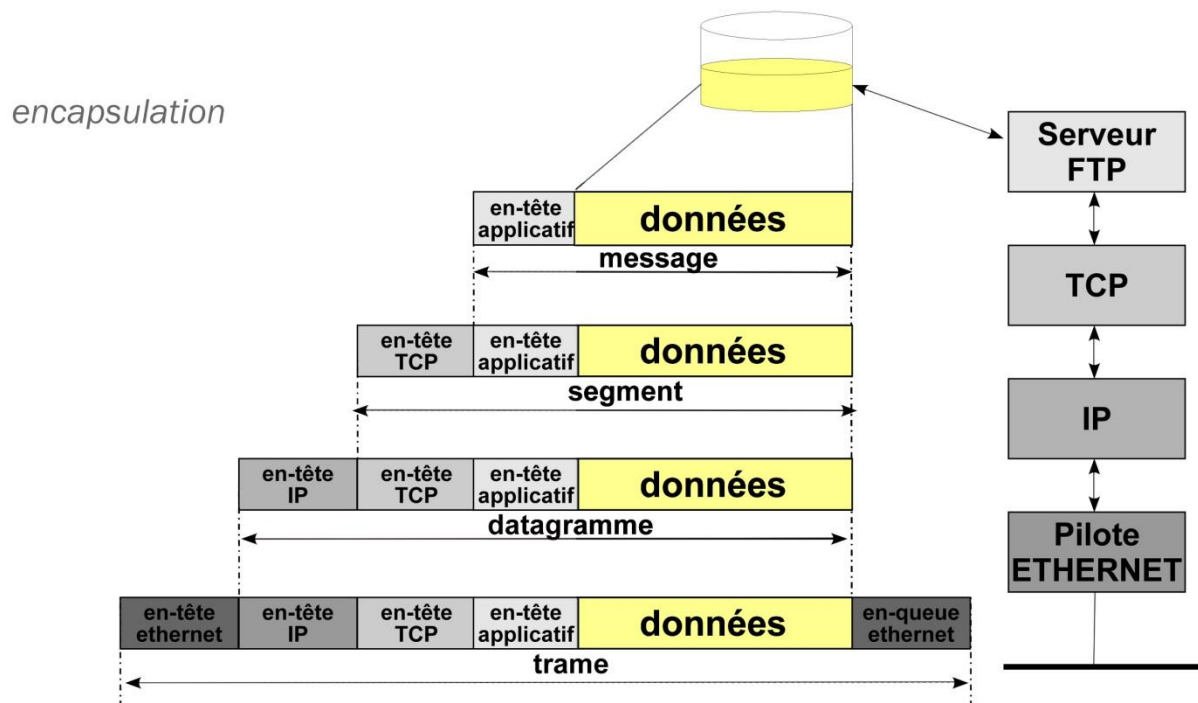
- La couche application : définit le logiciel utilisé pour communiquer (ici, la lettre)
- Le niveau transport : mise sous enveloppe et dépôt au centre de tri le plus proche
- Le niveau inter-réseaux : mise en sac postal pour envoi au centre de tri suivant
- La couche d'accès au réseau : déplacement du sac postal vers le centre de tri suivant

Avec TCP/IP on communique de l'**application X** de l'**ordinateur A** vers l'**application Y** de l'**ordinateur B**. Chaque ordinateur est défini par une adresse IP unique au monde. Si l'adresse IP de l'ordinateur A est 45.60.151.214 et le port de l'application X est 1057, et l'adresse IP de l'ordinateur B est 152.195.19.23 et le port de l'application Y est 80 alors le couple (**45.60.151.214:1057, 152.195.19.23:80**) est appelé un **socket**. Un socket identifie de façon unique une communication entre deux logiciels de deux ordinateurs.

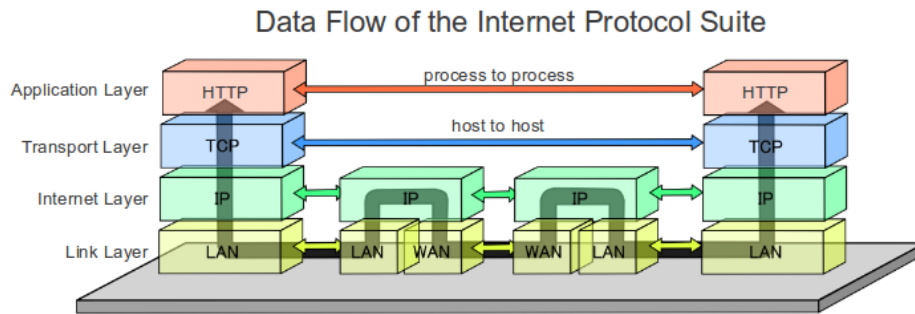
b) Structure en couches de l'internet

La **norme OSI** (Open Systems Interconnection), est un modèle théorique qui décompose les différents protocoles de communications en sept couches. Internet est basé sur le **protocole TCP/IP**, inspiré de la norme OSI, mais qui ne comporte que **quatre couches** :

| modèle OSI | architecture TCP/IP |
|--------------|--|
| Applications | Couche Applications Protocoles : HTTP (web), FTP (transfert de fichiers), SMTP (email), SSH (connexion sécurisée), POP, IMAP, DNS, RIP, Telnet ... |
| Présentation | |
| Session | |
| Transport | Couche Transport Protocoles : TCP, UDP, ... |
| Réseau | Couche Inter-réseaux (internet) Protocole : IP |
| Liaison | Couche Liaison / Couche Physique Protocoles : Ethernet, TokenRing FDDI, PPP ... |
| Physique | |



Efficacité du transfert = données utiles / données totales



3) Couche applications

La couche application gère l'exécution des différentes applications réseaux via une multitude de protocoles (**HTTP** pour le web, **SMTP** pour la messagerie électronique, **FTP** pour le transfert de fichier, **DNS** pour traduire les noms de domaine en adresse IP...).

Les protocoles de la couche application définissent la façon dont les processus situés sur des systèmes d'exploitation différents échangent des messages.

Protocole http : L'**Hypertext Transfer Protocol** est un protocole de communication client-serveur. **HTTPS** (S pour secured) est la variante du HTTP sécurisée par l'usage des protocoles SSL ou TLS.

DNS : Les équipements connectés à Internet possèdent une adresse IP qui les identifie sur le réseau. Ces adresses sont numériques. Un mécanisme a été mis en place pour associer un nom de domaine (plus simple à retenir) à une adresse IP. Le « **Domain Name System** » traduit le nom de domaine en adresse IP associée. Il existe des adresses IP de version 4 (IPv4) sur 32 bits, et de version 6 (IPv6) sur 128 bits

4) Couche Transport

Les deux fonctions principales de la couche transport sont :

- Découper des données, de taille variable, en paquets de taille fixe.
- Identifier les programmes destinataire/émetteur de la donnée.

Les paquets de taille fixe de couche transport sont appelés des **segments** (ou des **datagrammes**).

Les protocoles de la couche transport les plus connus sont les protocoles **TCP** et **UDP**.

a) Identification des processus émetteur/récepteur

Quand un ordinateur reçoit un paquet, il doit savoir à quel programme est destiné ce paquet (navigateur web, messagerie, jeux vidéo...). Pour cela, on a défini des ports logiciels : ce sont des numéros, que chaque application va réserver en émettant des données. Pour comprendre ce qu'est un port logiciel, on peut faire une analogie avec le courrier. Quand quelqu'un envoie une lettre, il ne précise pas seulement l'adresse postale, mais aussi la personne à laquelle elle est destinée, au cas où plusieurs personnes vivent à la même adresse. Dans le domaine du réseau, la lettre est un paquet réseau, le destinataire et l'émetteur de la lettre sont des programmes/processus, l'adresse postale est équivalente à l'adresse IP et le nom du destinataire est le port logiciel.

Ports logiciels courants :

21: File Transfer Protocol (**FTP**)

22: Secure Shell (**SSH**)

25: Simple Mail Transfer Protocol (**SMTP**)

53: Domain Name System (**DNS**) service

80: Hypertext Transfer Protocol (**HTTP**)

110: Post Office Protocol (**POP3**)

143: Internet Message Access Protocol (**IMAP**)

443: HTTP Secure (**HTTPS**)

b) Protocole UDP

UDP ne vérifie pas que la donnée est arrivée à bon port, et ne replace pas les datagrammes dans l'ordre d'envoi. UDP est adapté aux communications où l'ordre des données est peu important et les pertes acceptables : streaming video, voix sur IP, podcast, jeux vidéo en ligne

c) Protocole TCP

TCP gère les accusés de réception, la détection des pertes de données et la gestion de l'ordre de réception. Ces fonctionnalités sont indispensables pour de nombreuses applications : navigateurs web, messageries, transfert de fichiers, TCP est le protocole de couche transport le plus utilisé.

Une session TCP fonctionne en trois phases :

- établissement de la connexion ;
- transferts de données ;
- fin de la connexion.

5) Couche inter-réseaux (ou couche internet)

La couche inter-réseaux détermine le parcours des données de réseaux en réseaux et l'adressage logique.

Deux fonctions principales :

- la **retransmission (forwarding)** : quand un paquet arrive en entrée du routeur, le routeur doit recopier le paquet sur la liaison de sortie adéquate.
- le **roulage (routing)** : le réseau doit déterminer le chemin à prendre par les paquets pour aller du poste émetteur au poste récepteur. Ces chemins sont calculés par des **algorithmes de roulage**. Chaque paquet est routé indépendamment des autres. Le protocole de la couche réseau est le protocole IP.

Chaque réseau possède une unité de transfert max (**MTU=Max Transfert Unit**) qui est la taille du plus grand paquet que le réseau est capable de transférer. Si paquet trop grand pour traverser un sous-réseau, on le divise en sous-paquets plus petits (**fragments**) à l'entrée du sous-réseau.

6) Couche liaison / Couche physique (gestion des réseaux locaux)

La gestion des réseaux locaux se fait sur la **couche liaison**, qui prend en charge la mise en forme des données, l'identification des ordinateurs et la détection/correction des erreurs de transmission (réseau **Ethernet** ou **Wifi** par exemple).

La **couche physique** assure la diffusion du message (signal électrique, onde électromagnétique ou onde optique).