



Communication et adressage de réseaux informatiques



1. Introduction

De nos jours, la communication joue un rôle essentiel dans notre vie quotidienne : téléphonie (fixe ou mobile), Internet, télévision, GPS...

Les réseaux de communication permettent de relier tous les points du globe, dans un délai très court.

Réseau de données

Un **réseau de données** est un ensemble de moyens (matériels et logiciels), **géographiquement dispersés**, destinés à :

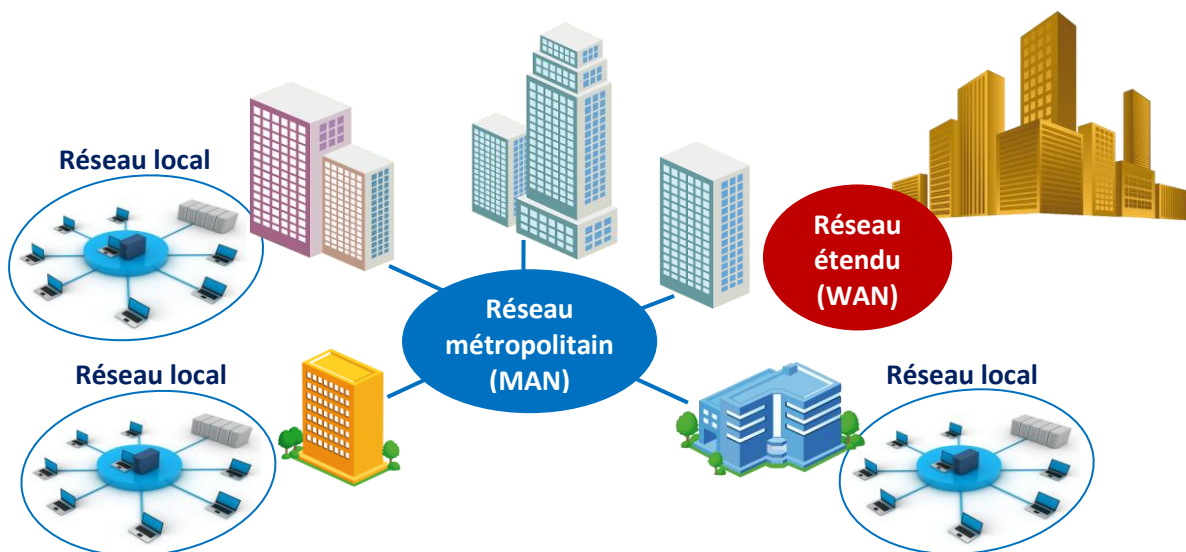
- offrir un **service** pour communiquer entre personnes (courrier électronique, discussion en direct, etc.) ou communiquer entre machines ;
- assurer le **transport de données**.



Classification

Selon leur étendue, on distingue :

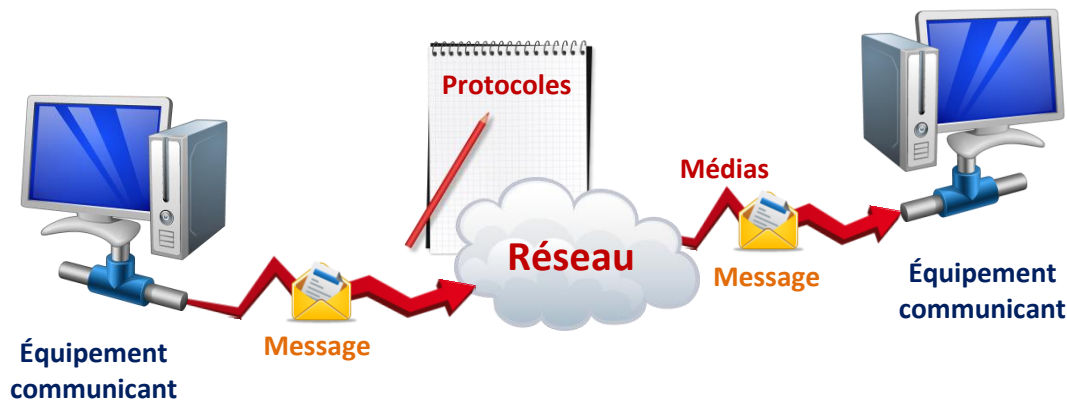
- les **réseaux locaux LAN** (Local Area Network), au niveau d'un bâtiment ou plusieurs bâtiments ;
- les **réseaux métropolitains MAN** (Metropolitan Area Network) au niveau d'une ville,
- les **réseaux étendus WAN** (Wide Area Network) au niveau d'un ou plusieurs pays (Internet).



2. Les éléments d'un réseau de données

Un réseau de données est constitué d'un ensemble d'éléments indispensables :

- des **équipements communicants** (ordinateur, serveur...) constituant les **nœuds** du réseau ;
- des **supports physiques de transmission** ("médias", constitués de fils électriques, de fibre optiques ou de transmetteurs radio) ;
- des **messages** (données échangées) ;
- des **protocoles standards** qui fixent les règles de transmission (TCP/IP et HTTP, FTP, PPP...).



Description des éléments constitutifs d'un réseau

Le **concentrateur** (hub) et le **commutateur** (switch) sont des appareils qui permettent de connecter plusieurs équipements communicants au même support de communication.

Les interfaces sur lesquelles sont branchés les équipements communicants sont appelées "**ports**" (elles sont matérialisées par des connecteurs RJ45 femelles sur les appareils). Le **nombre de ports disponibles** et le **débit** de chaque port caractérisent ces appareils.

➤ Répéteur (hub)



Le **hub** est l'appareil le moins complexe suffisant à la création d'un réseau local à plus de deux équipements communicants. Il permet de **répéter** le flux de données d'un équipement communicant vers tous les autres ports, sans qu'aucune analyse des messages transmis ne soit réalisée. Il n'est ni plus ni moins qu'une 'multiprise RJ45' qui amplifie le signal réseau (régénère les signaux). Dès qu'il reçoit une information, il l'envoie à toutes les machines qui y sont connectées.



➤ Commutateur (switch)



Un **switch** analyse les messages et filtre les flux de données afin de les aiguiller uniquement sur les ports adéquats (on parle de **commutation** ou de **réseaux commutés**).

En minimisant les envois inutiles, il permet une meilleure utilisation du support de transmission. Il a supplanté la quasi-totalité des hubs (pratiquement plus commercialisés).

Les hubs et les switches ne gèrent que les transferts entre équipements d'un même sous-réseau (dans la même classe d'adresse IP).



➤ Passerelle (gateway) et routeur (router)








Une **passerelle** est une adresse IP destinée à relier plusieurs réseaux incompatibles (de technologie différente), en assurant le routage des informations à travers l'ensemble des réseaux interconnectés.

Un **routeur** analyse les messages transmis pour récupérer les adresses IP de destination et de départ (mise à jour de tables de routage). Il permet de transférer les données entre des réseaux de classes d'adresses différentes. Ils combinent généralement les fonctions d'une **passerelle**, d'un **switch**, d'un **pare-feu** (surveillance et filtrage des contenus échangés) et d'un **serveur DHCP** (affectation automatique d'adresses aux équipements). Le routeur possède **au moins deux interfaces réseau** et contient un logiciel très évolué, administrable à distance.



Symboles courants des éléments constituant les réseaux de données

	Ordinateur de bureau	Commutateur LAN
	Ordinateur portable	Pare-feu (firewall)
	Serveur de fichiers	Routeur
	Téléphone IP	Routeur sans fil
	Supports LAN	Point d'accès sans fil
Supports sans fil		Supports WAN




3. Structure des réseaux de données




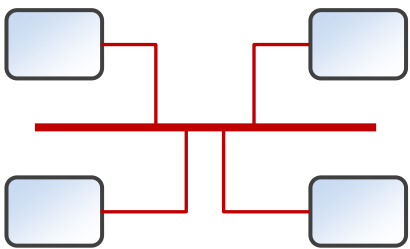
Dans le vocabulaire des réseaux, un **nœud** désigne un **élément actif** du réseau, c'est-à-dire tout dispositif qui émet, reçoit ou traite des données (ordinateur, imprimante, switch, serveur, routeur...).

Classification des réseaux

Classification selon le mode d'échange des informations

Sens des échanges	Vocabulaire	Commentaire
<p>Dispositif 1</p>  <p>Dispositif 2</p>	Simplex	La transmission d'informations est unidirectionnelle (l'échange n'a lieu que dans un seul sens).
<p>Dispositif 1</p>  <p>Dispositif 2</p>	Full-Duplex	La transmission d'informations est bidirectionnelle simultanée (l'échange peut avoir lieu dans les deux sens en même temps).
<p>Dispositif 1</p>  <p>Dispositif 2</p>	Half-Duplex	La transmission d'informations est bidirectionnelle alternée (l'échange peut avoir lieu dans un sens ou l'autre mais pas ensemble).


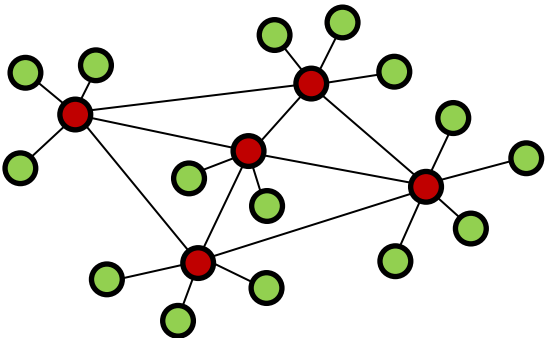
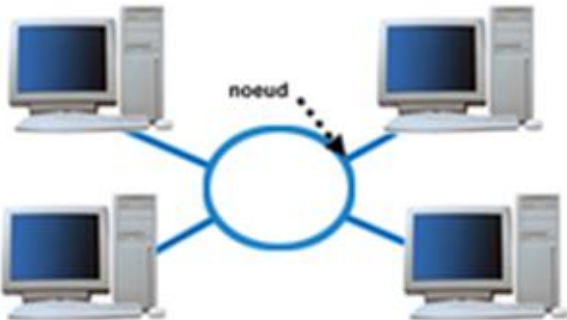
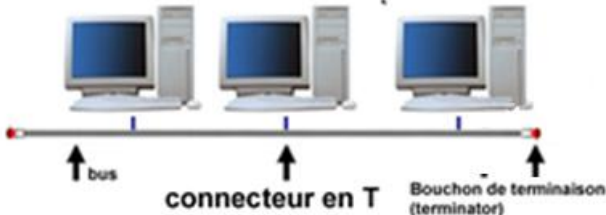
Classification selon le type de liaison

Type de liaison	Vocabulaire	Commentaire
<p>Dispositif 1</p>  <p>Dispositif 2</p>	Point-à-point	Chaque correspondant est relié par un lien dédié à un seul autre correspondant.
<p>Dispositif 1</p>  <p>Dispositif 2</p> <p>Dispositif 3</p> <p>Dispositif 4</p>	Multipoint	Un même support est partagé par plusieurs nœuds. Pour éviter les conflits, une politique d'accès au support est indispensable.

Les réseaux multipoints

Les réseaux grande distance (WAN) relient plusieurs centaines de milliers, voire des millions d'équipements terminaux sur un territoire national ou à l'international. Il n'est donc pas possible de partager le même support de transmission, ni de raccorder directement deux abonnés désirant communiquer. On crée alors une structure de communication qui, en mettant bout à bout des tronçons de lignes raccordés par un ensemble de **commutateurs**, réalise une connexion entre deux abonnés d'un réseau. On parle alors de **réseau à commutation**.

Structures de réseaux à commutation

Type de liaison	Vocabulaire	Commentaire
	Etoile (star)	<p>Chaque nœud périphérique est relié au nœud central (rouge), qui conditionne en grande partie les performances du réseau.</p> <p>Ce type de réseau est relativement efficace et économique.</p>
	Maillé (mesh)	<p>Les nœuds centraux (rouges) sont interconnectés avec plusieurs liaisons point-à-point. En cas de défaillance d'un nœud, un autre chemin de communication peut être utilisé.</p> <p>Ce type de structure est très utilisé avec les réseaux sans fil, car elle permet d'étendre leur portée (les nœuds les plus éloignés peuvent utiliser les nœuds intermédiaires pour faire transiter leurs informations).</p>
	Anneau	<p>Une machine connectée au réseau possède un jeton virtuel. Ce jeton est une autorisation de communiquer. Une fois que la machine a transmis ce qu'elle voulait, elle passe le jeton à la machine suivante, et ainsi de suite. Si le détenteur du jeton n'a rien à dire, il le passe au suivant. Une panne d'une station rend inopérant le réseau.</p>
	Bus	<p>Dans cette topologie, tous les ordinateurs utilisent le même support (le même câble).</p> <p>Deux ordinateurs ne peuvent donc pas émettre en même temps, sinon cela crée des "collisions".</p> <p>Lorsqu'un ordinateur émet, tous les autres reçoivent.</p>

4. Notion de protocole de communication

L'acheminement, dans un même réseau, d'informations aussi différentes que les **données informatiques**, la **voix** ou la **vidéo** implique que toutes ces catégories d'information aient une représentation identique vis-à-vis du système de transmission et que le réseau puisse prendre en compte les contraintes spécifiques à chaque type de flux d'information. Les informations échangées doivent donc respecter un **format adapté**.

Il est alors nécessaire de rendre compatible tous types d'architecture réseau afin d'échanger des informations et partager des périphériques. C'est pourquoi l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO) a proposé un modèle de communications entre ordinateurs : le **modèle OSI** (Open Systems Interconnection) qui est un standard de communication en réseau de tous les systèmes informatiques.

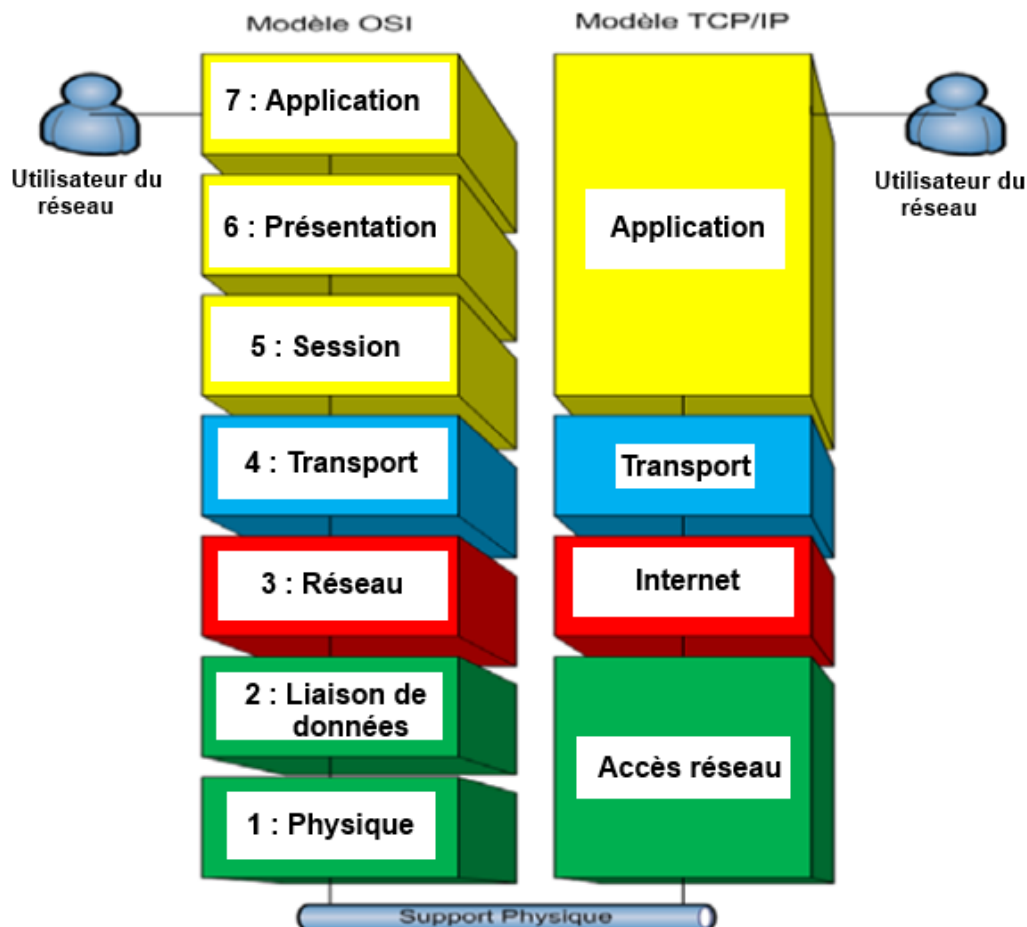
Il est composé de **7 couches** qui correspondent à un ensemble de protocoles. L'avantage de ce modèle est de faire cohabiter les produits de différents fournisseurs au sein d'un même réseau.

Chaque couche du modèle OSI va rendre des services à la couche immédiatement supérieure et utiliser les services de la couche immédiatement inférieure.

Inspiré du modèle OSI, le modèle TCP/IP est le plus utilisé au monde dans les réseaux informatiques.

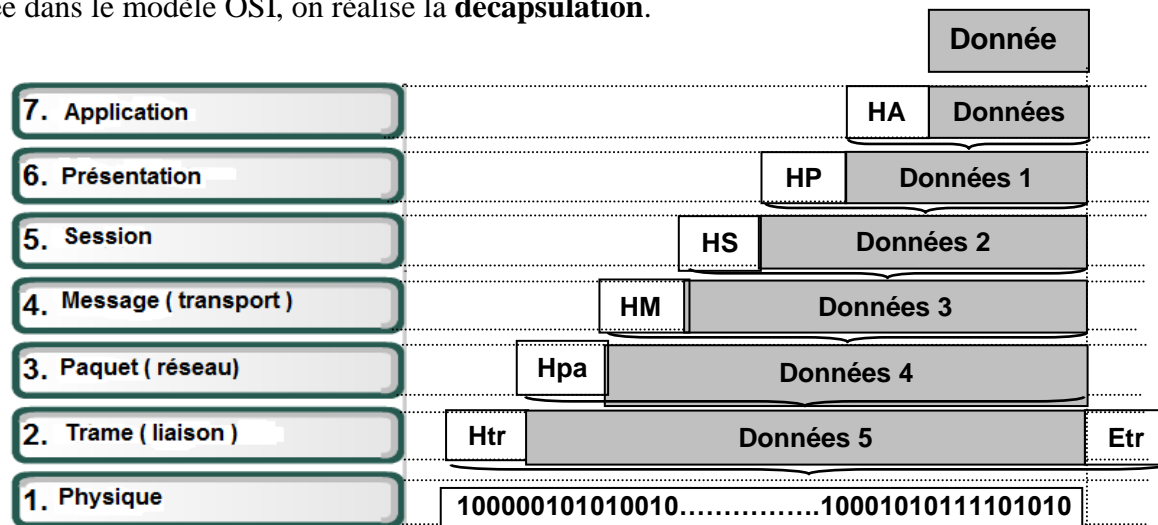
Un **protocole** est un ensemble de règles et de formats de données à respecter pour permettre d'effectuer des échanges d'informations dans de bonnes conditions entre deux équipements ou deux programmes.

Sur un réseau, le **protocole de communication** traite des blocs de données binaires appelées **trames**. La trame représente donc l'unité de données gérées par le protocole.



Encapsulation/décapsulation de données

Il est nécessaire d'ajouter des informations supplémentaires au message initial pour assurer le transport du message jusqu'au destinataire. Ce rôle est assuré par les différentes couches du modèle OSI traversées. Ce mécanisme d'ajout d'informations se nomme **encapsulation** des paquets. A l'inverse, lors de la remontée dans le modèle OSI, on réalise la **décapsulation**.



HA, HP, HS, HM, Hpa, Htr : En-tête des données ;

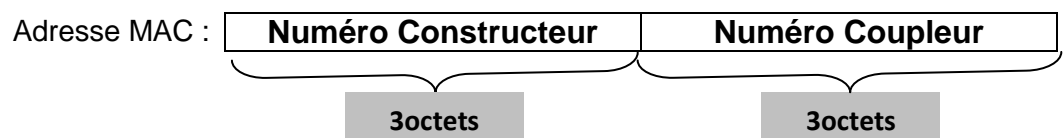
Etr : Fin de trame ;

Pour connecter un grand nombre d'utilisateurs, il est irréaliste de les interconnecter deux par deux. La présence d'une multitude d'**équipements terminaux** (désignant aussi bien des ordinateurs que de simples téléphones ou imprimantes) impose de :

- définir un **système d'identification** cohérent au sein du réseau pour **localiser** et **différencier** les équipements : c'est la fonction d'**adressage**,
- mettre en place une fonction nommée "**routing**" qui permet d'**acheminer** une information vers un destinataire dans tout le réseau de communication, selon son **adresse**. Puisqu'il y a une multitude de chemins possibles dans un réseau maillé, le routage choisit le meilleur en fonction d'un critère déterminé (le moins coûteux, le plus rapide, le plus fiable, etc...).

Adressage physique

Dans les réseaux, l'**adresse** utilisée pour identifier et localiser un équipement est une **adresse physique** associée au matériel, appelée **adresse MAC (Medium Access Control)** ou **adresse Ethernet**. Si elle respecte la norme (si elle n'est pas redéfinie), cette adresse est **unique dans le monde** et possède un **format normalisé sur 48 bits (6 octets)** correspondant à un numéro de série fixé au moment de la fabrication (24 bits identifient le constructeur et 24 bits identifient le matériel). Elle est utilisée au niveau de la couche 2 du modèle OSI.



Exemple d'adresse MAC : **00:1E:8C:BE:BC:D9** (écriture hexadécimale).

5. Architecture des réseaux locaux informatiques (LAN)

Les **réseaux locaux informatiques (LAN)** répondent aux besoins de communication entre équipements géographiquement proches les uns des autres (même bâtiment). Il s'agit de relier un ensemble de ressources devant communiquer : ordinateurs, imprimantes, disques de stockage, équipements vidéo...

Le comité **802** de l'IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers), essentiellement constitué de représentants des constructeurs américains, a défini des standards de communication pour les réseaux locaux (802.3 Ethernet, 802.11 Wifi, 802.15 Bluetooth, etc...).

Débit de transmission

Le **débit de transmission** caractérise la quantité d'informations que le bus peut transmettre par seconde. Il est exprimé en **bit/s** (et ses multiples **kbit/s**, **Mbit/s**, **Gbit/s**).

Réseau Ethernet

Aujourd'hui, la quasi-totalité des réseaux locaux utilisent la norme **IEEE 802.3** également appelée **Ethernet**. Les câbles utilisent la connectique RJ45 (8 points de contact).

Initialement fixé à **10 Mbits/s**, le débit de la transmission a évolué avec l'amélioration des technologies :

- **100 Mbits/s** (fast Ethernet),
- **1000 Mbits/s** (gigabit Ethernet).



Fiche RJ45

Protocole IP (Internet Protocol)

Pour acheminer des données dans le monde entier, le réseau **Internet** utilise un ensemble de protocoles de transmission dont les deux plus importants sont **TCP** (Transmission Control Protocol) et **IP** (Internet Protocol).

TCP/IP, qui désigne l'ensemble des règles de communication sur Internet, se base sur la notion d'**adressage IP** pour identifier les équipements du réseau. Comparé à l'adressage physique (par adresses MAC de 48 bits), l'adressage IP utilise **des adresses logiques** (plus simple) : chaque équipement du réseau possède un nom symbolique auquel on fait correspondre une adresse logique unique appelée **adresse IP** (4 octets, soit 32 bits pour l'IPv4), écrite en notation décimale pointée. Elle est utilisée au niveau de la couche 3 du modèle OSI.

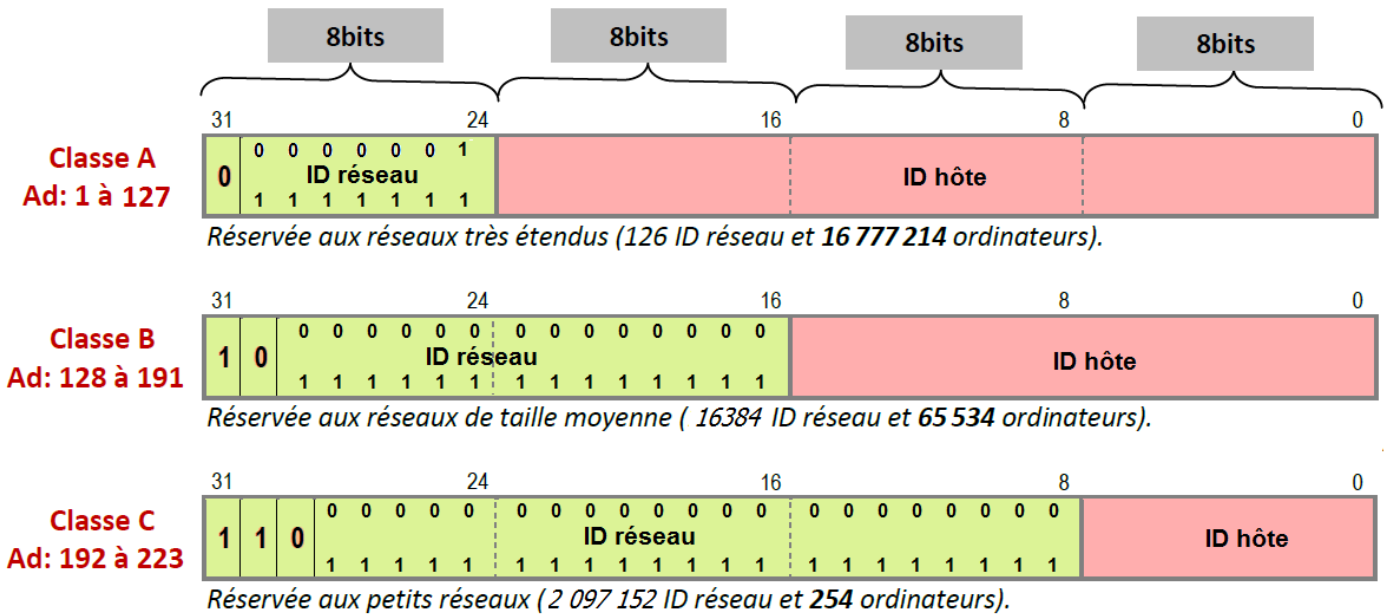
Exemple d'adresse IPv4 : **192.168.1.125**

Bien qu'un réseau local (LAN) ne soit pas nécessairement connecté à Internet, le protocole TCP/IP est tellement populaire que la plupart des LAN l'utilisent.

Constitution des adresses IPv4

La nature et l'étendue d'un réseau local détermine sa **classe**. Une adresse IPv4 renferme plusieurs informations :

- la **classe d'adresse** du réseau ;
- l'identifiant du réseau (**ID réseau** (net-ID), nombre qui permet d'identifier le réseau) ;
- l'identifiant de l'équipement hôte relié au réseau (**ID hôte** (host-ID), nombre qui permet de repérer l'équipement).



Remarque : L'adresse du réseau est obtenue en mettant à 0 tous les bits de l'ID hôte.

L'adresse de diffusion sur le réseau (Broadcast Address) désigne l'adresse formée en mettant à 1 tous les bits de l'ID hôte.

Reliées sur le même réseau local, deux machines ne peuvent communiquer ensemble que si leurs adresses IP ont la **même ID réseau**.

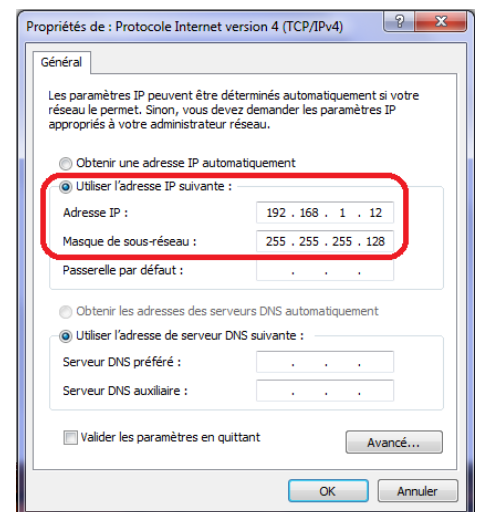
L'identification du réseau s'effectue par masquage : le **masque de sous-réseau**, généralement écrit en notation décimale pointée, est utilisé par les machines reliées au réseau pour savoir à quel réseau elles appartiennent. Il permet d'identifier la partie restante de l'adresse IP qui ne constitue pas l'ID hôte.

Exemple de masque de sous-réseau de classe C : **255.255.255.128**

Méthode d'obtention des adresses à partir d'une adresse IP et du masque

Sur l'ordinateur relié au réseau, l'examen des propriétés de l'adaptateur de réseau (carte réseau, carte Wifi) permet d'obtenir des informations sur le réseau (figure ci-contre).

L'exemple ci-dessous illustre les manipulations à effectuer à partir d'une adresse IP et de son masque.



Obtention de l'adresse réseau

⇒ **Traduire** les écritures décimales du masque de sous-réseau et de l'adresse IP de la machine en écritures binaires puis exécuter une **opération logique ET** (bit-à-bit) entre les deux grandeurs.

Obtention de l'adresse de diffusion

⇒ **Traduire** les écritures décimales du masque de sous-réseau **inversé** et de l'adresse IP de la machine en écritures binaires puis exécuter une **opération logique OU** (bit-à-bit) entre les deux grandeurs.

	1er octet	2ème octet	3ème octet	4ème octet
@ IP : 192.168.1.12	11000000	10101000	00000001	00001100
Masque sous- réseau : 255.255.255.128	11111111	11111111	11111111	10000000
@ Réseau (bits ID hôte à 0)	11000000	10101000	00000001	00000000

@ IP : 192.168.1.12	11000000	10101000	00000001	00001100
Masque sous- réseau inversé	00000000	00000000	00000000	01111111
@ Broadcast (bits ID hôte à 1)	11000000	10101000	00000001	01111111

@ hôtes	11000000	10101000	00000001	0xxxxxxx
Plus petite @ hôte (@ après @ Réseau)	11000000	10101000	00000001	00000001
Plus grande @ hôte (@ avant @ Broadcast)	11000000	10101000	00000001	01111110

Plage d'adresses hôtes (en décimal) :	192.168.1.1	à	192.168.1.126
---------------------------------------	-------------	---	---------------

Nombre d'adresses IP disponibles pour les hôtes (machines) :

$2^{\text{nbre de bits à 0 partie hôte}} - 2 \text{ adresses spécifiques} = 2^7 - 2 = 126 \text{ machines possibles}$

Il existe une notation du masque de sous-réseau équivalente à la notation décimale : c'est la notation CIDR (Classless Inter-Domain Routing) qui se note : /XX.

Cette notation indique que les XX premiers bits du masque de sous-réseau correspondent à l'adresse réseau et donc correspondent aux bits à 1.

Exemple: 192.168.1.12 /25 \Rightarrow le masque est 255.255.255.128 (25 bits à 1 et donc 7 bits à 0)

Protocole ARP (Address Resolution Protocol)

A chaque trame placée sur un support réseau doit correspondre une adresse MAC de destination associée à une adresse IP de destination. C'est le protocole ARP présent dans la pile TCP/IP qui prend en charge la correspondance adresse IP, adresse MAC. Il permet également la conservation en mémoire cache de cette correspondance dans une table.

Lorsque un hôte émetteur tente de trouver l'adresse MAC associée à une adresse IP de destination dans la table ARP :

- Si la correspondance est disponible dans la table ARP, l'hôte utilise les informations de la table ;
- Si cette correspondance n'est pas disponible, l'hôte envoie un message à tous les périphériques du réseau Ethernet (adresse de Broadcast) et attend une réponse de l'hôte concerné. Cette réponse est alors mémorisée dans la table ARP.

6. Le protocole HTTP

Le **protocole HTTP** (HyperText Transfer Protocol) est le protocole de haut niveau le plus utilisé sur Internet depuis 1990 pour échanger des ressources (pages web, fichiers, données utilisateur, courriers électroniques...).

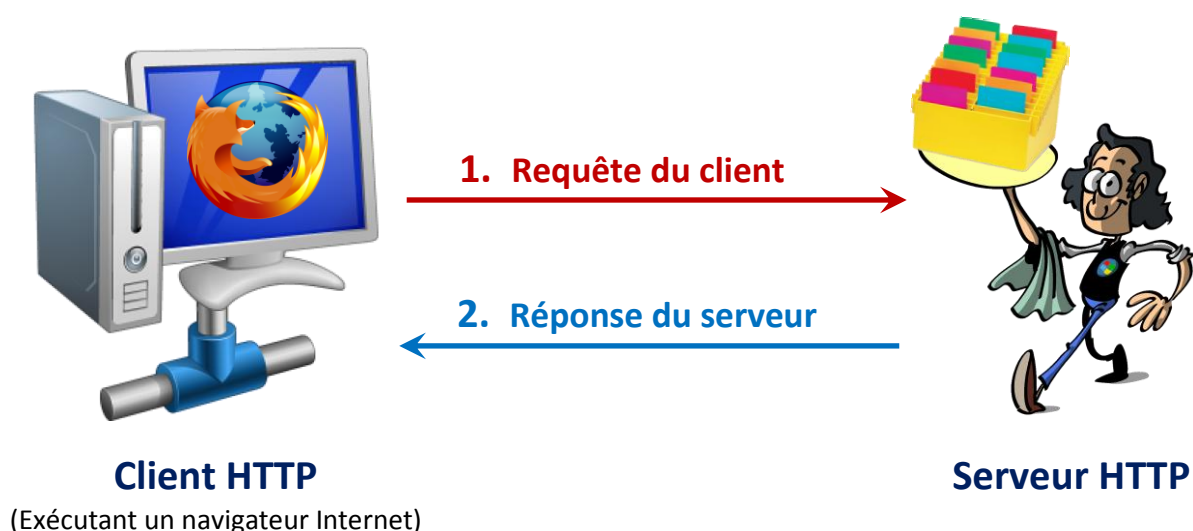
Mode d'échange client/serveur

L'environnement **client/serveur** désigne un **mode de communication à travers un réseau** entre plusieurs programmes ou logiciels. L'un, qualifié de **client**, envoie des demandes ("**requêtes**"). L'autre (ou les autres), qualifiés de **serveurs**, attendent les requêtes des clients et y répondent.

Par extension, le **client** désigne également l'ordinateur sur lequel est exécuté le logiciel client, et le **serveur**, l'ordinateur sur lequel est exécuté le logiciel serveur.

Le protocole HTTP fonctionne suivant le modèle client/serveur (via le port 80 du serveur).

Dans le mode d'échange **client/serveur**, le **client est toujours à l'initiative de la communication**.



Après une requête, le serveur envoie un **code de réponse**, constitué de trois chiffres, associé à un message (le code est visible lorsque le navigateur n'arrive pas à vous fournir la page demandée). Le tableau suivant liste quelques codes de réponse courants :

<i>Codes de réponse</i>	<i>Message</i>	<i>Description</i>
200	OK	La requête a été accomplie correctement.
403	FORBIDDEN	Accès non autorisé.
404	NOT FOUND	La ressource demandée n'existe pas.
500	INTERNAL ERROR	Erreur interne du serveur.