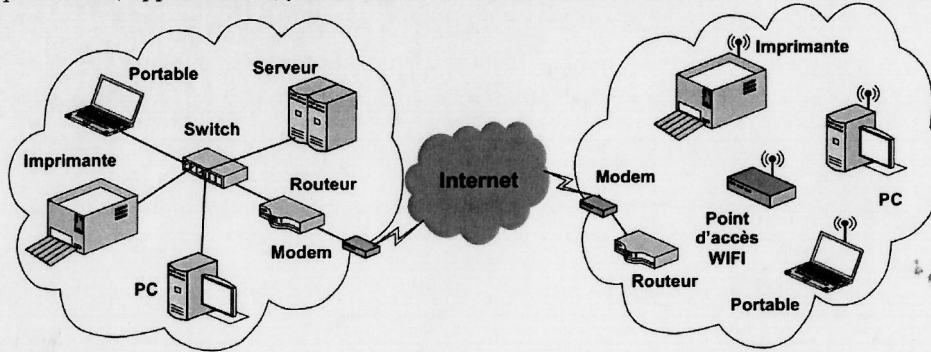


# Architecture des réseaux

## I. Introduction

Internet est le réseau de données mondial le plus vaste, composé d'une multitude de réseaux de diverses tailles interconnectés. Les ordinateurs personnels, appelés hôtes, jouent le rôle de sources et de destinataires de l'information qui circule à travers Internet.



La connexion Internet implique trois éléments :

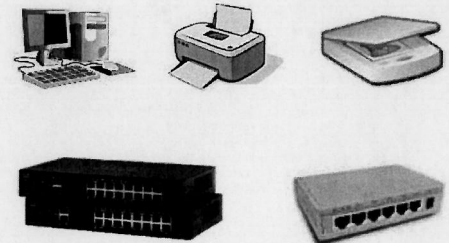
- La connexion physique pour le transfert de signaux,
- La connexion logique via des protocoles définissant les règles de communication,
- Des applications logicielles, telles que les navigateurs, qui utilisent les protocoles pour rendre les données compréhensibles pour les utilisateurs.

## II. Terminologie liée aux réseaux informatiques

### 1. Equipements utilisés

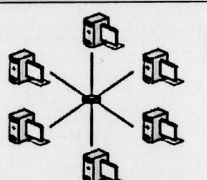
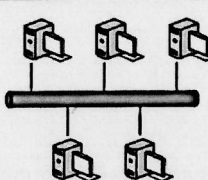
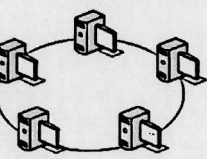
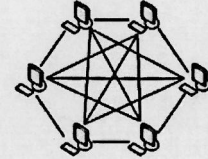
Les équipements de réseau se divisent en deux catégories :

- les équipements d'utilisateur final (hôtes) tels que les ordinateurs, imprimantes, scanners... etc.
- les équipements intermédiaires de réseau qui permettent aux hôtes de communiquer en les reliant entre eux, comme les Routeur, les points d'accès, les répéteurs ... etc.



### 2. Topologies réseaux

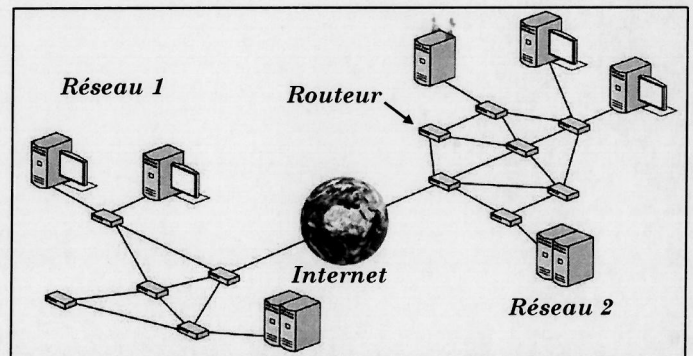
La topologie physique d'un réseau définit la structure physique du réseau, c.à.d. la configuration proprement dite du câblage ou du média.

Topologie en étoile	Topologie en bus
 <p>La topologie courante relie tous les hôtes à un point central, soit un commutateur ou un concentrateur.</p> <p>+ La coupure d'un câble affecte seulement la station connectée</p> <p>- nombreuses stations, le coût du câblage peut devenir prohibitif.</p>	 <p>Toutes les stations sont reliées à une même ligne de transmission appelée bus. À l'extrémité d'un bus, un "bouchon" efface les données de manière permanente, permettant à une autre station d'émettre.</p> <p>+ Simplicité de mise en œuvre</p> <p>- En cas de rupture du bus, le réseau devient inutilisable</p>
Topologie en anneau	Topologie maillée
 <p>La topologie en boucle d'un réseau se compose de liaison point à point où les données circulent de station en station dans une direction fixe jusqu'à leur destination.</p>	 <p>Chaque équipement est connecté à tous les autres, assurant une grande robustesse. Un exemple est Internet, partiellement maillé, où une rupture de liaison ne coupe pas totalement l'accès.</p>

### 3. Types de réseaux

Les réseaux sont catégorisés en fonction de leur vitesse de transmission et de leur portée, et on peut en identifier trois types principaux :

- **Réseau local ou LAN (Local Area Network)** est un réseau informatique limité géographiquement utilisé pour connecter des ordinateurs et des périphériques dans un espace restreint.
- **Les réseaux métropolitains (MAN - Metropolitan Area Network)** couvrent une zone urbaine ou métropolitaine. Ils incluent généralement plusieurs réseaux locaux (LAN) dans la même région, comme l'utilisation par une banque avec de nombreuses agences dans une ville donnée.
- **Les réseaux longue distance ou WAN (Wide Area Network)** est un réseau informatique qui s'étend sur de vastes zones géographiques, reliant des emplacements distants. Il permet la transmission de données entre des bureaux, des succursales ou des sites distants à l'échelle nationale ou internationale, en utilisant diverses technologies de transmission (comme exemple est l'internet).



### III. Les modèles en couches

#### 1. Modèle OSI (Open System Interconnection)

Le modèle OSI (Open System Interconnection), publié en 1984 par l'ISO, fournit des normes pour améliorer la compatibilité et l'interopérabilité entre différentes technologies réseau. Il se compose de sept couches, chacune ayant une fonction réseau spécifique.

Couche 7	<b>APPLICATION</b>	<i>Cette couche assure l'interface avec les applications, c'est la couche la plus proche de l'utilisateur.</i>
Couche 6	<b>PRÉSENTATION</b>	<i>La couche présentation spécifie les formats des données des applications (encodage MIME, compression, encryptions).</i>
Couche 5	<b>SESSION</b>	<i>La couche session établit, gère et ferme les sessions de communications entre les applications.</i>
Couche 4	<b>TRANSPORT</b>	<i>La couche transport assure la qualité de la transmission en permettant la retransmission des segments en cas d'erreurs éventuelles de transmission. Elle assure également le contrôle du flux d'envoi des données</i>
Couche 3	<b>RÉSEAU</b>	<i>Cette couche gère l'adressage de niveau trois, la sélection du chemin et l'acheminement des paquets au travers du réseau.</i>
Couche 2	<b>LIAISON</b>	<i>La couche liaison de données gère l'envoi de données sur le support. Elle se divise en deux sous-couches : la sous-couche MAC (Media Access Control) gère l'accès au support et contient les adresses de liaison de données (MAC, DLCI), tandis que la sous-couche LLC (Logical Link Control) gère les communications entre les stations et interagit avec la couche réseau.</i>
Couche 1	<b>PHYSIQUE</b>	<i>La couche physique définit les spécifications du média (câblage, connecteur, voltage, bande passante...).</i>

#### 2. Modèle TCP/IP

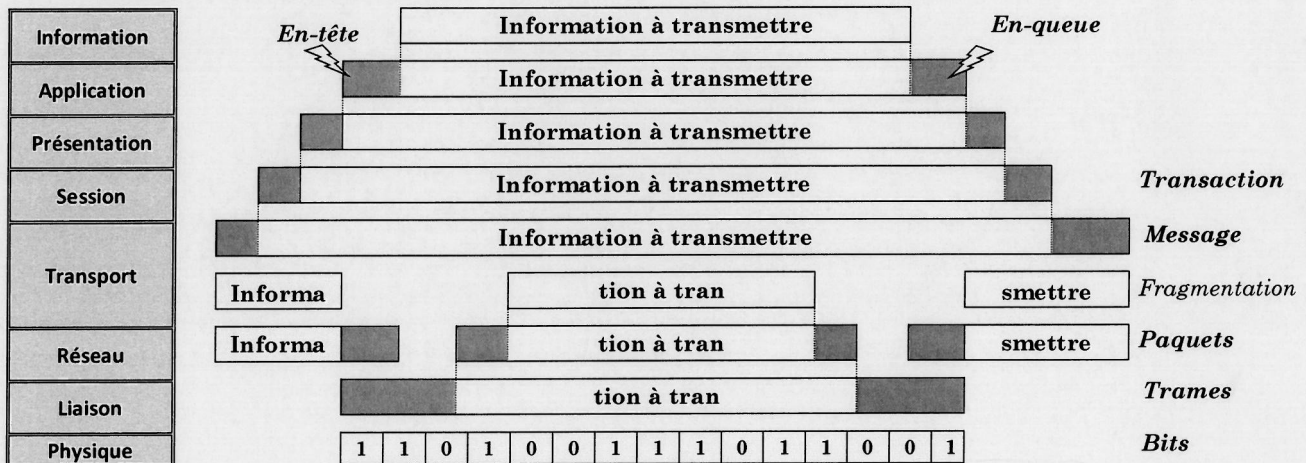
Le modèle OSI, créé à une époque antérieure, n'est plus adapté aux architectures de réseaux modernes en raison de l'évolution des technologies. Aujourd'hui, les protocoles TCP (Transmission Control Protocol) et IP (Internet Protocol) sont devenus la norme pour l'interconnexion des réseaux, marquant une évolution majeure dans les systèmes d'information. Il comporte les quatre couches suivantes:



Modèle OSI	Modèle TCP/IP	
APPLICATION	Application	« Comment constituer des applications réseaux ? » De nombreuses applications, basées sur des protocoles de haut niveau sont disponibles pour utiliser les réseaux. On peut citer entre autre : <ul style="list-style-type: none"> <li>o Le courrier électronique (SMTP) ;</li> <li>o Les transferts de fichiers (FTP) ;</li> <li>o Les connexions à distance (TELNET) ;</li> <li>o Le World Wide Web (HTTP), la sécurité (SSL) ...</li> </ul>
PRÉSENTATION		
SESSION		
TRANSPORT	Transport	« Comment envoyer un message à un destinataire ? » Protocoles TCP, UDP*
RÉSEAU	Internet	« Comment acheminer les trames sur le réseau ? » Protocoles IP, ARP
LIAISON	Accès réseau	« Comment transmettre des paquets de données ? » <ul style="list-style-type: none"> <li>o Constitutions des trames (Ethernet, ...)</li> <li>o Gestion d'erreurs : détection et correction (si possible)</li> <li>o Gestion de l'accès au support</li> <li>o Transmission sur les divers supports physiques</li> </ul>
PHYSIQUE		

### 3. Encapsulation des données.

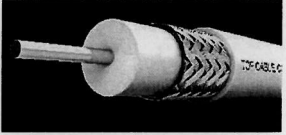
L'encapsulation consiste à ajouter des informations de protocole aux données avant de les envoyer sur le réseau. À chaque couche du modèle OSI, les données reçoivent des en-têtes et des informations spécifiques. Lors de la réception, le processus inverse, la dés-encapsulation, est réalisé pour extraire les données.



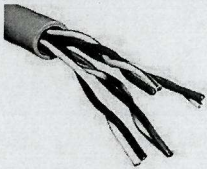

## IV. Analyse des différentes couches

### 1- Couche physique

La couche physique du modèle OSI est responsable de la transmission brute des données sur le support de communication, en s'occupant des aspects matériels de la communication réseau. Elle constitue la base sur laquelle les autres couches du modèle OSI peuvent construire des fonctionnalités plus avancées pour assurer une communication réseau fiable et efficace. Comme nous l'avons déjà abordé dans le cours précédent, nous allons maintenant nous concentrer exclusivement sur les supports physiques de communication les plus utilisés:

Câble coaxiale	Caractéristiques
	<p>Un câble coaxial se compose d'un conducteur de cuivre entouré d'une couche de matériau isolant flexible. Le conducteur central peut également être un câble d'aluminium recouvert de fer-blanc dans les installations bon marché.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o <b>Impédance caractéristique</b> : Numérique : 50 Ω – Analogique : 75 Ω</li> <li>o <b>Bande passante</b> : elle peut atteindre 500 MHz selon la qualité du câble</li> <li>o <b>Temps de propagation</b> : 4,1 μs/km</li> <li>o <b>Capacité de transmission</b> : 10 Mbits/s (réseau Ethernet &lt; 1km) et 100 Mbits/s pour les courtes distances</li> </ul>



Câble pair torsadé	Caractéristiques
	<p>Le câble pair torsadé est constitué de paires de fils conducteurs torsadés ensemble, permettant la transmission de signaux électriques ou numériques tout en minimisant les interférences électromagnétiques. Ces câbles sont essentiels dans les réseaux de communication et les télécommunications.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>Impédance caractéristique</b> : 50 Ω, 100 Ω, 120 Ω</li> <li>○ <b>Bande passante</b> : elle peut atteindre 100 MHz selon la distance</li> <li>○ <b>Capacité de transmission</b> : 10 Mbits/s à 100 m et des câbles à 1 Gbit/s sont actuellement disponibles.</li> </ul>
Câble fibre optique	Caractéristiques
	<p>Les câbles à fibre optique utilisent des fils minces en verre ou en plastique pour transmettre des données sous forme de lumière, offrant une transmission à haut débit, une faible perte de signal et une protection contre les interférences électromagnétiques, ce qui en fait un choix privilégié pour les communications à grande vitesse</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>Bande passante</b> : Limitée et inférieure à 60 MHz/km.</li> <li>○ <b>Capacité de transmission</b> : Liaisons jusqu'à quelques km avec un débit maximal de plusieurs 10 Mbits/s.</li> </ul>

2- la couche de liaison

La couche de liaison de données dans le modèle OSI assure des communications fiables entre nœuds voisins en gérant l'encapsulation des données, l'accès au support, la correction d'erreurs, le contrôle de flux et l'adressage physique. Elle est cruciale pour l'efficacité du réseau, avec un accent sur les trames Ethernet et les adresses MAC.

2.1. Trame ETHERNET

Une trame Ethernet est une structure de données standardisée utilisée dans les réseaux Ethernet pour encapsuler et transmettre des données. Elle comprend :

Préambule	MAC destination	MAC source	Type	Données	CRC
8 octets	6 octets	6 octets	2 octets	46 à 1500 octets	4 octets

- **Préambule** : pour la synchronisation d'horloge et ses octets vaut 1010 1010 sauf le dernier vaut 1010 1011.
- **MAC destination** : adresse physique du destinataire.
- **MAC source** : adresse physique de l'émetteur.
- **Type** : le type de protocole inséré dans le champ de données (0x0800 : IPv4, 0x86DD : IPv6, 0x809B : AppleTalk, 0x0806 : ARP, 0x8035 : RARP).
- **Données** : contient les données de la couche 3.
- **CRC** : Il constitue la séquence de contrôle de la trame, ce qui permet à l'adaptateur qui reçoit cette trame de repérer toute éventuelle erreur qui aurait pu se glisser dans son contenu.

2.2. Adresse physique ou adresse MAC de la carte réseau

Les adresses MAC destination et source d'une carte Ethernet sont des adresses physiques composées de six octets. Les trois premiers octets identifient du fabricant grâce à l'OUI (Organization Unique Identifier) de l'IEEE. Les trois derniers octets sont laissés au choix du fabricant pour identifier la carte. Cette combinaison entre l'IEEE et le fabricant garantit l'unicité des adresses MAC.

Identificateur d'organisation OUI (3 octets)	Numéro d'identifiant de la carte réseau (3 octets)
--	--

Exemple : Trame ETHERNET *MAC desti.. MAC source*  
 AA AA AA AA AA AA AB **00 01 02 AF F5 E2** **00 60 08 61 04 7B** **08 00** 45 00 00 3D DC 56 00 00 80 11 AA 42 0A 0A 9F 02 0A  
 0A 01 01 0A 79 00 35 00 29 A1 E4 00 02 01 00 00 01 00 00 00 00 00 00 02 77 70 08 6E 65 74 73 63 61 70 65 03 63 6F 6D 00 **00**  
**01 00 01**  
*CRC*

Indiquer du trame Ethernet :

MAC destinataire	MAC source	Type de protocole (couche 3)	Données CRC
<i>00 01 02 AF F5 E2</i>	<i>00 60 08 61 04 7B</i>	<i>08 00 (protocole IPv4)</i>	<i>00 01 00 01</i>



### 3- Couche réseau

La couche réseau joue un rôle essentiel dans l'acheminement efficace des données à travers un réseau, en veillant à ce qu'elles atteignent leur destination correctement et en gérant les aspects liés à l'adressage, au routage, à la sécurité et au contrôle de trafic. Elle constitue un élément central de la communication sur les réseaux informatiques. Nous concentrons notre étude sur les concepts liés aux adresses IP et spécifiquement sur le protocole IPv4.

#### 1.1. Adressage IP

Chaque machine connectée au-delà de son réseau local a une adresse IP unique. Les paquets IP incluent les adresses IP de l'émetteur et du destinataire, facilitant le routage des paquets et la communication bidirectionnelle. Cela permet aux routeurs de diriger les paquets et aux destinataires de répondre aux émetteurs.

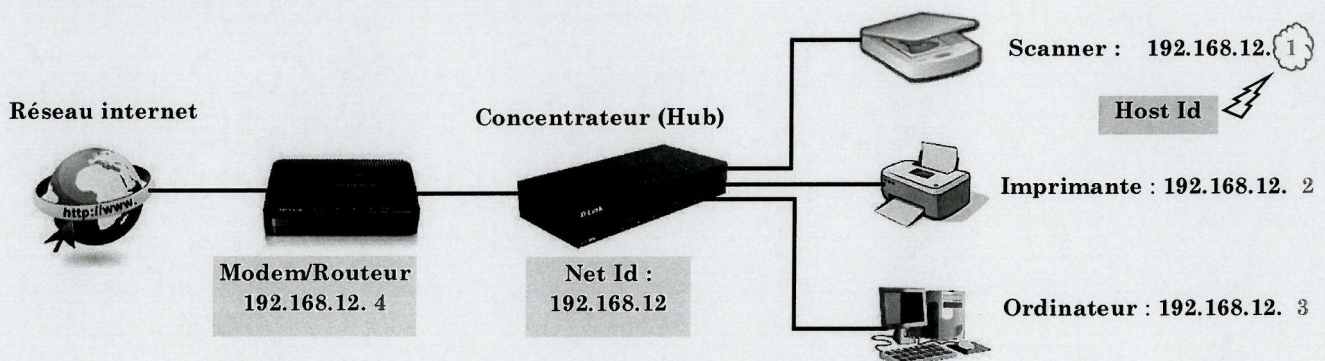
L'adresse IP (Ipv4) est codée sur 32 bits est exprimée par octet (soit 4 nombres compris entre 0 et 255) notée en décimal et séparée par des points. Par exemple :

192								168								12								1							
1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Une adresse IP est constituée de 2 parties :

- o Une partie fixe servant à identifier le réseau (**Net Id**) ;
- o Une partie servant à identifier une machine (hôte) sur un réseau (**Host Id**).

#### Exemple d'un réseau local LAN connecté à l'internet



**Remarque :** Le **protocole de résolution d'adresse ARP (Address Resolution Protocol)** permet de connaître l'adresse physique MAC (Media Access Control) propre et unique au monde, correspondant à une adresse logique IP.

#### 1.2. Classe d'adressage IP

L'autorité internationale de l'ICANN (Internet Corporation for Assigned Names and Numbers) est responsable de l'attribution de numéros à chaque réseau. Les administrateurs réseau sont responsables de l'attribution des numéros complets. Selon l'importance du réseau, plusieurs classes d'adresses sont disponibles. En général, on distingue trois principales classes de réseaux :

##### 1.2.1. Classe A

Correspondent aux réseaux de grande envergure, tels que ceux utilisés par le ministère de la Défense, IBM, DEC, HP, et d'autres acteurs majeurs, la plupart d'entre eux étant situés aux États-Unis.

1 <sup>er</sup> octet								2 <sup>ème</sup> octet								3 <sup>ème</sup> octet								4 <sup>ème</sup> octet							
0	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Net Id								Host Id																							



nombre de réseaux possibles	Nombre de machines possibles	Adresse min	Adresse max
$2^7 - 2$ ↳ 126	$2^{24} - 2 \Rightarrow 16\,777\,214$	0.0.0.0	127.255.255.255

(-2) le 1<sup>er</sup> et le dernier adresse ne s'affectent pas aux machines réservées par d'autres cas particuliers.

**1.2.2. Classe B**

La classe B est réservée aux réseaux de taille moyenne, tels que les universités, les centres de recherche, et similaires.

1 <sup>er</sup> octet								2 <sup>ème</sup> octet								3 <sup>ème</sup> octet								4 <sup>ème</sup> octet							
1	0	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Net Id																Host Id															

nombre de réseaux possibles	Nombre de machines possibles	Adresse min	Adresse max
$2^{14} - 2 \Rightarrow 16\,384$	$2^{16} - 2 \Rightarrow 65\,534$	128.0.0.0	191.255.255.255

**1.2.3. Classe C**

La classe C est attribuée aux réseaux de petite taille à l'échelle régionale, tels que ceux utilisés par les PME et les PMI, par exemple.

1 <sup>er</sup> octet								2 <sup>ème</sup> octet								3 <sup>ème</sup> octet								4 <sup>ème</sup> octet							
1	1	0	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	X	X	X	X	X	X	X	X	
Net Id																Host Id															

nombre de réseaux possibles	Nombre de machines possibles	Adresse min	Adresse max
$2^{21} - 2 \Rightarrow 2\,097\,150$	$2^8 - 2 \Rightarrow 254$	192.0.0.0	223.255.255.255

❖ **Cas particulier**

Dans les catégories mentionnées précédemment, certaines adresses ne sont pas utilisées pour des usages publics. Elles sont réservées à des utilisations privées, à des fins de test, ou ne sont tout simplement pas utilisées du tout. C'est pourquoi on les distingue ainsi :

<b>255.255.255.255</b>	Adresse de diffusion, Il s'agit d'une adresse spécifique permettant à une machine d'envoyer des données à toutes les machines situées sur le réseau
<b>127.0.0.0</b>	appelée adresse de rebouclage (en anglais loopback) car elle désigne la machine locale (en anglais local host). Elle permet l'utilisation interne de TCP / IP sans aucune interface matérielle
<b>0.0.0.0</b>	une adresse non encore connue, utilisée par les machines ne connaissant pas leur adresse IP au démarrage.

**Adressages privées sont réservées à l'usage privé :**

Classe	Adresse min	Adresse max
A	10.0.0.0	10.255.255.255
B	172.16.0.0	172.31.255.255
C	192.168.0.0	192.168.255.255

**1.3. Masque de sous réseau**

Le masque de sous-réseau, également appelé masque de sous-réseau IP, est un composant clé dans la gestion des adresses IP dans un réseau informatique. Son rôle principal est de diviser une adresse IP en deux parties distinctes : la partie réseau par des « 1 » et la partie hôte par des « 0 ».

Les masques de sous - réseau par défaut pour les classes standard sont :

Classe	Masque sous réseau	
A	/8 soit 255.0.0.0	/8 c-à-dire 8 est le nombre des « 1 »
B	/16 soit 255.255.0.0	
C	/24 soit 255.255.255.0	



Objectif : Un « ET logique » appliqué entre l'adresse de la machine et le masque permet de déterminer l'adresse du réseau ou du sous - réseau auquel appartient la machine afin de rediriger l'information

**Exemple 1 :** Soit la machine d'adresse IP 192.168.1.1 avec le masque 255.255.255.0

Adresse IP	192.168.12.1	11000000.10101000.00001100.00000001
Masque	255.255.255.0	11111111.11111111.11111111.00000000
« ET logique »	192.168.12.0	11000000.10101000.00001100.00000000

Donc l'identifiant réseau : 192.168.12.0

**Exemple 2 :** Soient deux machines désirant communiquer. Machine n°1 : 192.59.66.200 ; Machine n°2 : 192.59.66.17

	Machine n°1	Machine n°2
Adresse IP	192.59.66.200	192.59.66.17
Masque	255.255.255.0	255.255.255.0
« ET logique »	192.59.66.0	192.59.66.0

Est-ce que les deux machines peuvent établir une communication directe entre elles ? *Les deux machines appartiennent au même réseau, elles peuvent donc communiquer directement.*

**1.4. Adressage de sous - réseau**

Il peut être utile de segmenter le réseau en plusieurs sous - réseaux dans le but de :

- Réduire le nombre de communications sur un même segment
- Connecter des réseaux d'architectures hétérogènes
- Regrouper les ordinateurs en domaines ou sous-domaines

Dans ce cas, la partie de l'adresse IP administrée localement (Host Id initial) est divisée en :

Net Id	Host Id initial	
	SubNet Id	Host Id

- Une adresse de sous - réseau (SubNet Id) ;
- Un numéro de la machine dans le sous - réseau (Host Id)

**Exemple n°1 :**

*2<sup>2</sup> → deux bits à ajouter*

On désire découper le réseau d'adresse 200.0.0.0/24 en 4 sous réseau. Donc on doit ajouter **deux bits** aux hôtes :

	Net Id	SubNet Id	Host Id	Adresse de SR
Sous réseau 1	200.0.0	Deux bits : 00	00 0000 à 11 1111	200.0.0.0 /26
Sous réseau 2	200.0.0	01	00 0000 à 11 1111	200.0.0.64/26
Sous réseau 3	200.0.0	10	00 0000 à 11 1111	200.0.0.128/26
Sous réseau 4	200.0.0	11	00 0000 à 11 1111	200.0.0.192/26

**Exemple n°3 :**

Soit un réseau local privé avec 3 machines d'adresses IP

ORDI 1 : 192.168.0.1/28 ; ORDI 2 : 192.168.0.2/28 et ORDI 3 : 192.168.0.3/28

Soit un second réseau local privé avec 3 machines d'adresses IP

ORDI 4 : 192.168.0.17/28 ; ORDI 5 : 192.168.0.18/28 et ORDI 6 : 192.168.0.19/28

Question 1 : Déterminer la classe de deux réseaux et en déduire le masque de sous réseau

*Le 1<sup>er</sup> octet : 192 ⇒ il s'agit d'un réseau de classe C  
 1/28 ⇒ 255.255.255.11110000 soit 255.255.255.240*

Question 2 : Trouver l'identifiant réseau pour les deux groupes

*(192.168.0.x) and (255.255.255.240) = 192.168.0.0 pour groupe 1* { x=1  
x=2  
x=3



donc : l'identifiant de réseau pour le groupe 1 :  $192.168.0.0$

\* Groupe 2 :  $192.168.0.y$  avec  $y = 17, 18, 19$

$(192.168.0.y) \text{ and } (255.255.255.240) = 192.168.0.16$

donc : l'identifiant de réseau pour le groupe 2 :  $192.168.0.16$

Question 3 : Est-ce que les deux machines peuvent établir une communication directe entre elles ?

les deux groupe ont des identifiants réseau différents, donc ils sont sur des sous-réseaux distincts, les machines dans des sous-réseaux différents ne peuvent pas communiquer directement sans l'intervention

Question 4 : à partir de masque sous réseau, identifier le nombre totale de sous réseau d'un routeur.

128 donc 4 bits ajout au réseau  $\Rightarrow$  donc le nombre de sous réseau possible

$N = 2^4 = 16$  sous-réseau

1.5. Protocole Ipv4

IPv4, la première version largement utilisée d'Internet Protocol, repose sur des adresses IP 32 bits, limitant le nombre d'adresses possibles à 4,294,967,296. Cette limitation pousse la transition vers IPv6, en cours de déploiement pour surmonter

L'entête IP est la suivante :

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Version d'IP				Longueur de l'en-tête				Type de service								Longueur totale en octet															
Identification (pour les fragment)																Flag		Fragment offset													
Durée de vie								Protocole **								Somme contrôle de l'entête															
Adresse IP source																															
Adresse IP destination																															
Option + Bourrage																															
Données																															

Protocole : le protocole de la couche transport (TCP= 6, UDP= 17, ICMP = 1.)