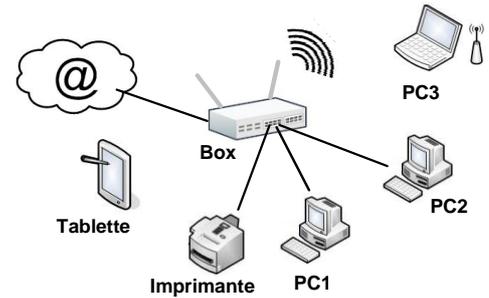


# Notion de réseaux

Comprendre l'architecture des réseaux, le web, l'adressage IP, les modèles fonctionnels en couches, exercices. Les simulations de réseaux sont décrites dans un autre document.



## Sommaire :

<b>1</b>	<b>Le réseau</b> .....	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Description des réseaux, historique et évolution</b> .....	<b>3</b>
2.1	<i>Le réseau téléphonique ou réseau télécom</i> .....	3
a)	Un réseau analogique .....	3
b)	La boucle locale .....	3
c)	La numérisation des communications .....	4
2.2	<i>La distribution TV</i> .....	4
2.3	<i>Le réseau Ethernet</i> .....	4
a)	Origine du réseau .....	4
b)	Internet une vue à plusieurs échelles .....	5
c)	Les opérateurs, le réseau cœur .....	5
d)	La convergence .....	6
2.4	<i>Le succès du paquet de donnée ou paquet IP</i> .....	6
2.5	<i>Perspectives d'avenir les objets connectés ou IoT Internet of Things</i> .....	7
<b>3</b>	<b>Le WEB</b> .....	<b>8</b>
3.1	<i>Principe de fonctionnement : interaction client-serveur</i> .....	8
3.2	<i>L'URL ou Uniform Resource Locator</i> .....	9
a)	Définition d'une URL .....	9
b)	Anatomie d'une URL .....	9
<b>4</b>	<b>Organisation matérielle du réseau</b> .....	<b>11</b>
4.1	<i>La topologie</i> .....	11
4.2	<i>Se connecter : la carte réseau</i> .....	11
4.3	<i>Identifions quelques équipements et service dans un réseau simple</i> .....	12
a)	Les équipements .....	12
b)	Les services .....	12
c)	Accéder aux informations de la box .....	12
d)	Description d'un réseau particulier .....	13
4.4	<i>L'adressage des éléments du réseau, l'adresse IP v4 et v6</i> .....	13
a)	Les adresses IP .....	13
b)	Communication entre deux hôtes .....	14
<b>5</b>	<b>Description fonctionnelle du réseau</b> .....	<b>16</b>
5.1	<i>Le modèle en couche OSI</i> .....	16
5.2	<i>Le modèle TCP/IP</i> .....	18
<b>6</b>	<b>Exercice sur les adressages en IP v4</b> .....	<b>20</b>
<b>7</b>	<b>Problème réseau : la piscine de Bayonne</b> .....	<b>21</b>
<b>8</b>	<b>Problème réseau : une machine de tri postal</b> .....	<b>23</b>
8.1	<i>Présentation des organes de communication de la machine</i> .....	23
8.2	<i>Validation du choix du réseau Ethernet</i> .....	23
8.3	<i>Analyse d'une trame Ethernet</i> .....	24
<b>9</b>	<b>Ressources utilisées pour rédiger ce cours :</b> .....	<b>27</b>

# 1 Le réseau

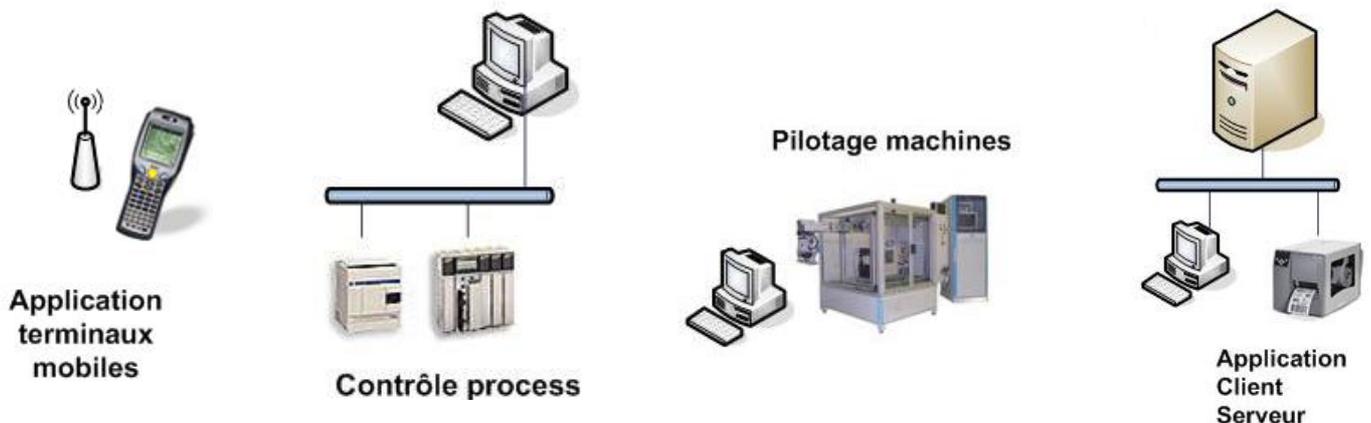
Le réseau informatique permet l'échange d'informations entre différents équipements informatiques. Il faut distinguer quand on s'intéresse à la compréhension du fonctionnement 1) à l'organisation matérielle du réseau puis 2) à son organisation logicielle.

Les progrès des équipements de connections permettent des liaisons avec et sans fils à savoir les connections de type Wifi, Bluetooth, GSM etc..... Le réseau devient mondial grâce, ou à cause d'internet ce qui n'est pas sans poser des problèmes de sécurité qu'il conviendra d'aborder 3) la sécurité des systèmes d'informations dans un autre document.

Vous êtes grandement encouragés à suivre ce Mooc gratuit réalisé par l'ANSSI : L'Agence Nationale de la Sécurité des Systèmes d'Information



## Les réseaux sont présents partout citons ici quelques exemples industriels :



Les notions présentées dans ce cours seront explorées et mises en œuvre en simulation à l'aide du logiciel PacketTracer de Cisco.



<sup>1</sup> <https://secnumacademie.gouv.fr/> disponible à ce jour jusqu'en 2019.

## 2 Description des réseaux, historique et évolution

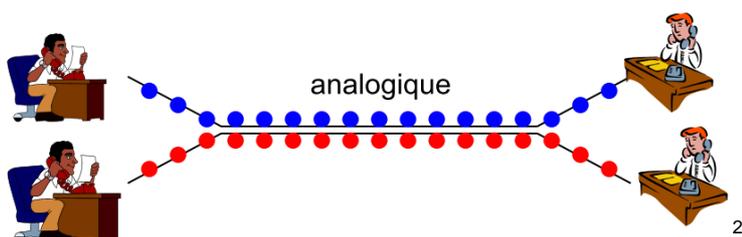
Historiquement les trois grands types de réseaux sont dans l'ordre d'apparition : le réseau de téléphonie, le réseau de transmission TV puis le réseau Ethernet d'échanges d'informations entre ordinateurs distants.

### 2.1 Le réseau téléphonique ou réseau télécom

#### a) Un réseau analogique

Le réseau téléphonique analogique est le plus ancien, il réalisait la mise en relation entre deux correspondants qui devaient donc être **physiquement connectés** ensemble par l'intermédiaire des téléphones et des équipements de l'opérateur.

On appelle **opérateur historique** cet opérateur qui gérait seul le réseau téléphonique. France Télécom pour la France.

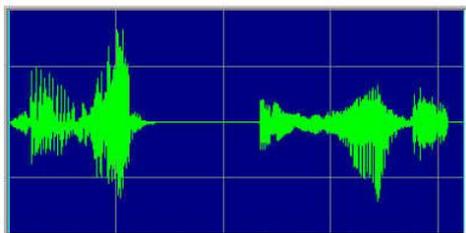


Le signal analogique était transmis par la technologie dite **de commutation de circuits** et le support de lignes physiques reliant l'ensemble des téléphones par le biais de commutateurs. Cette commutation crée un unique chemin de communication entre les deux abonnés.

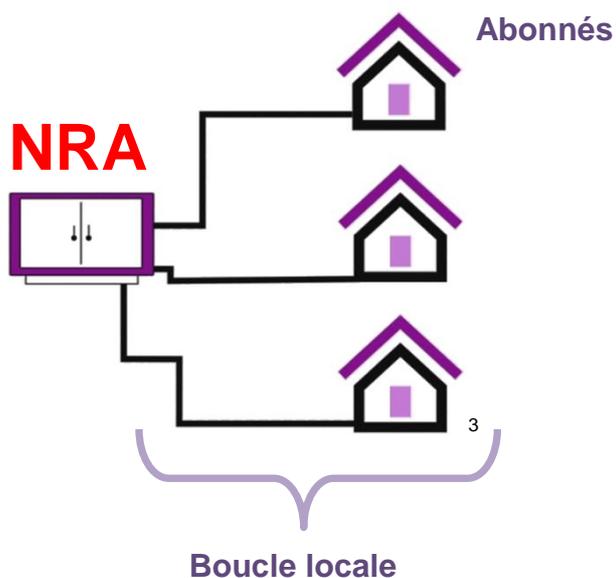
#### b) La boucle locale

C'est comme cela qu'est appelé 'le dernier km' entre le poste de l'abonné et le **nœud de raccordement d'abonnés ou NRA**, ce nœud raccorde l'abonné au réseau de l'opérateur téléphonique. Ce vocable demeure encore aujourd'hui.

La boucle locale est aujourd'hui appelée : le **réseau d'accès** ou access network



Information analogique : quatre syllabes de paroles<sup>4</sup>.



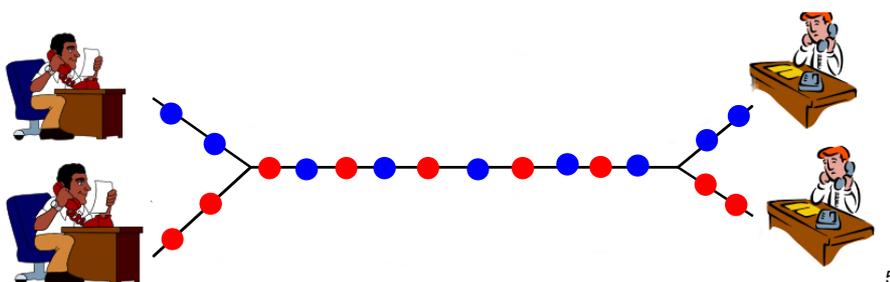
<sup>2</sup> Conférence du Collège de France, pourquoi le monde devient numérique, Gérard Berry, 2008.

<sup>3</sup> MinesTelecom Comprendre le cœur d'internet : les réseaux d'opérateurs, Fun MOOC, automne 2019.

<sup>4</sup> Université René Descartes - Paris 5, Support de cours Réseaux et Télécommunications, L3.poly06.pdf.

### c) La numérisation des communications

Dans les années 1960 apparaissent les communications numériques. Une communication n'est plus composée que de valeurs numériques représentées par des 0 ou des 1. Il est alors possible de transmettre plusieurs conversations sur une même ligne par des techniques de multiplexage.



## 2.2 La distribution TV

La télévision inventée par l'écossais John Baird en 1926 ne pris son essors que vers les années 1960. L'ORTF ou Office de radiodiffusion-télévision française est créé en 1964. En 1969 ce sont environ 530 millions de personnes qui, à travers le monde, ont pu regarder Neil Armstrong marcher sur la lune.

La transmission des émissions de télévision se fait par ondes hertziennes puis par satellites. En 1982 la France lance son plan câble dans le but de télédiffuser les programmes de télévision. Cela sera un échec commercial. Les réseaux câblés mis en place par les câblo-opérateurs seront l'objet de tensions entre les opérateurs de ces réseaux et de France Télécom.

En effet en 1997 la libéralisation totale du marché des télécommunications permet à ces opérateurs de concurrencer l'opérateur historique en donnant à leurs abonnés un accès à internet et aux télécommunications<sup>6</sup>.

Le réseau analogique est remplacé en France par des signaux numériques aussi bien par satellite que pour la TNT, télévision Numérique Terrestre, depuis 2011.

Quelques débits numériques en fonction des utilisations des applications vidéo

Visioconférence	Télévision	Télévision HD	Télévision 3D	Vidéoconférence
Définition faible. Un débit de 128 kbits·s <sup>-1</sup> est suffisant.	Occupe de 4 à 5 MHz de bande passante analogique soit 200 Mbit·s <sup>-1</sup>  Les deux standards sont H.262/MPEG-2 et H.264/MPEG-4	Débit de 500 Mbit·s <sup>-1</sup> hors compression.  Après compression on peut descendre à des valeurs de l'ordre de 8 Mbit·s <sup>-1</sup>	Demande des débits environ trois fois plus élevés que la télévision HD.  Après compression des débits de l'ordre de 20 Mbit·s <sup>-1</sup>	La très haute qualité, proche du cinéma, demande des débits considérables de l'ordre de plusieurs dizaines de Mbit·s <sup>-1</sup>

Les débits donnés sont indicatifs hors compression supplémentaire.

## 2.3 Le réseau Ethernet

### a) Origine du réseau

Dès les années cinquante, les ordinateurs ont été mis en réseau pour échanger des informations, mais de façon très liée aux constructeurs d'ordinateurs ou aux opérateurs

<sup>5</sup> Conférence du Collège de France, pourquoi le monde devient numérique, Gérard Berry, 2008.

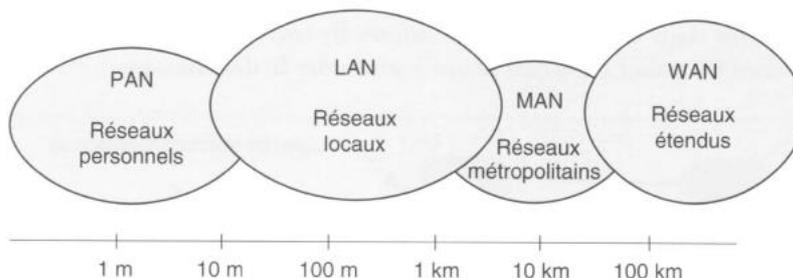
<sup>6</sup> Voir <https://www.usinenouvelle.com/article/telecommunicationsles-cablo-operateurs-menacent-france-telecom-quelques-mois-de-la-liberalisation-totale-du-marche-francais-des-telecommunications-les-reseaux-cables-deviennent-un-nouvel-enjeu-les-ca.N83515>

téléphoniques. Les réseaux généraux indépendants des constructeurs sont nés aux États-Unis avec ArpaNet (1970) et en France avec Cyclades (1971). Cet effort a culminé avec internet, né en 1983.

**b) Internet une vue à plusieurs échelles**

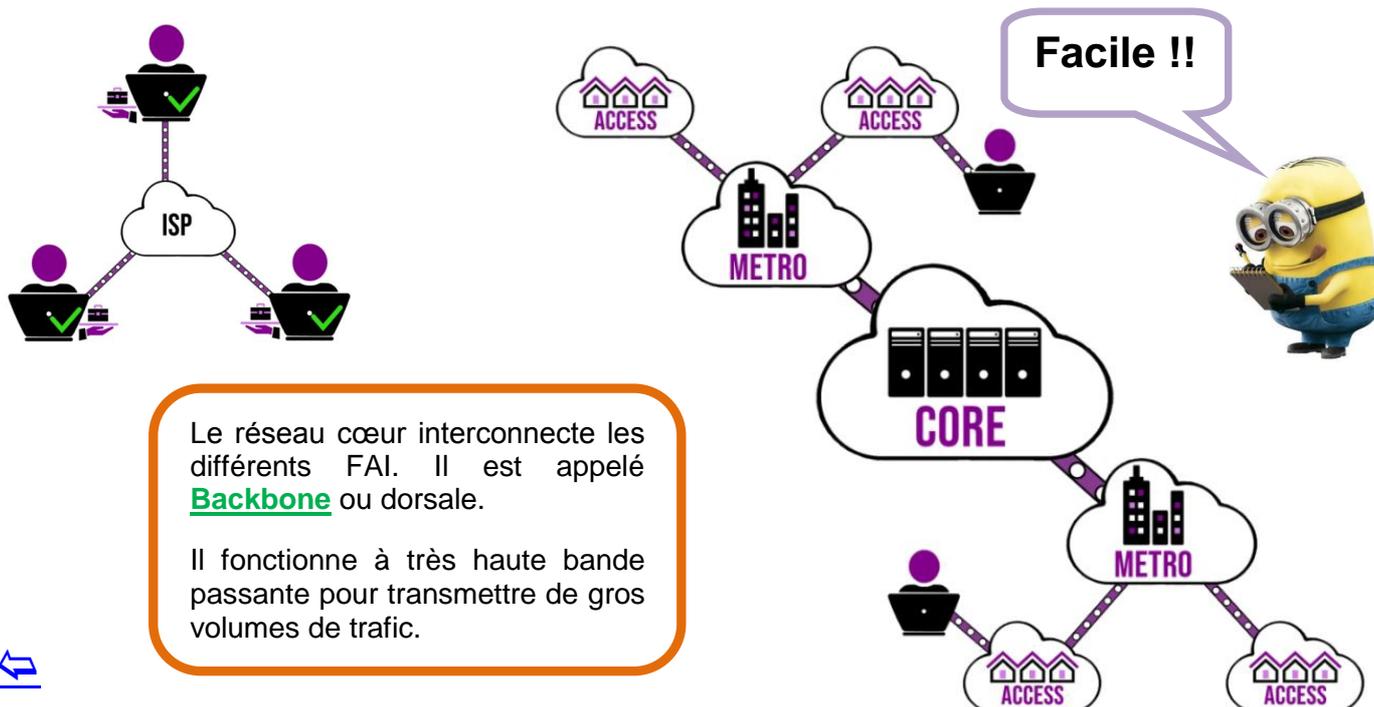
Le réseau internet est un réseau de réseaux. Il peut se définir en fonction de la distance entre les équipements :

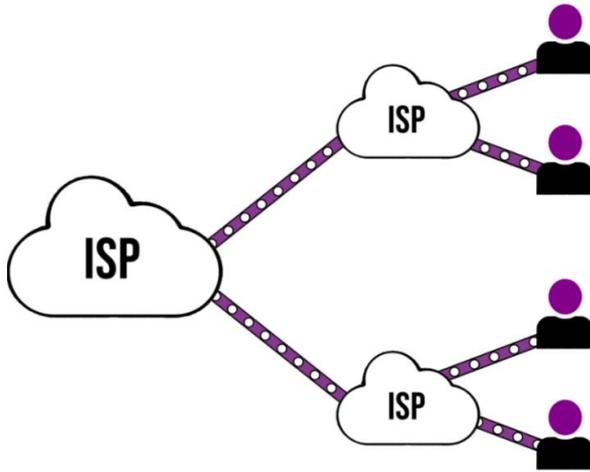
Personal Area Network	Local Area Network	Metropolitan Area Network	Wide Area Network	Global Area Network
<p>PERSONAL AREA NETWORK (PAN)</p>	<p>LOCAL AREA NETWORK (LAN)</p>	<p>METROPOLITAN AREA NETWORK (MAN)</p>	<p>WIDE AREA NETWORK (WAN)</p>	<p>GLOBAL AREA NETWORK (GAN)</p>
Réseau Bluetooth associé à un poste ou un mobile.	Une entreprise ou un réseau particulier	Un réseau au niveau de la ville	Réseau à l'échelle d'un pays ou d'un continent.	Le réseau global Internet.



**c) Les opérateurs, le réseau cœur**

Les opérateurs d'internet, appelés **Fournisseur d'Accès Internet FAI** ou **Internet Service Providers ISP** en anglais, fournissent les services via le réseau internet à leurs clients.





Tous les opérateurs de réseaux ou ISP ne gèrent pas des clients finaux, particuliers ou entreprises.

Certains ne font que fournir des services à d'autres opérateurs. La facturation est alors réalisée sur le volume du trafic, les pointes du trafic ....

**d) La convergence**

Aujourd'hui tous les types de réseaux fournissent tous les types de services c'est ce que l'on appelle la convergence : convergence des réseaux et convergence des services avec des protocoles appropriés.



Convergence des réseaux, tous les réseaux sont interconnectés et proposent les mêmes services unifiés :

- Réseau téléphonique
- Réseau GSM
- Réseau TV câblé
- Réseau de données

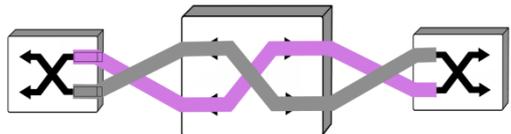
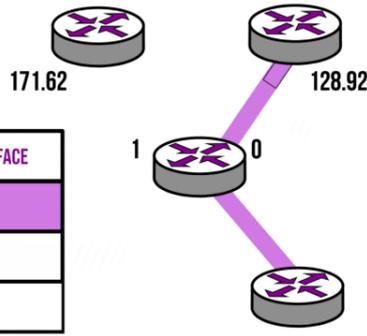
**2.4 Le succès du paquet de donnée ou paquet IP**

Plusieurs protocoles font fonctionner les échanges sur les réseaux. Avec le temps un protocole s'est imposé c'est le protocole IP. Ce protocole transmet des paquets de données numériques. Il est issu des réseaux informatiques et s'est imposé par sa plus grande facilité d'utilisation.

**Il ne subsiste que deux grandes méthodes pour échanger ces paquets de données :**

<p><b>La commutation de paquets issue du monde des télécoms</b></p>	<p><b>Le routage de paquets issu des réseaux informatiques</b></p>
<p><b>Principe :</b></p> <p>Un chemin entre l'émetteur et le destinataire du message est d'abord établi dans le réseau.</p> <p>Ensuite tous les paquets suivent ce même chemin.</p>	<p><b>Principe :</b></p> <p>Il n'y a pas de synchronisation entre émetteur et destinataire. Les différents paquets émis sont dirigés dans le réseau vers le destinataire par des routeurs.</p> <p>Le routage est dynamique tous les paquets ne suivent pas obligatoirement le même chemin. Le chemin est indiqué dans des tables de routage constamment remises à jour.</p>



La commutation de paquets issue du monde des télécoms	Le routage de paquets issu des réseaux informatiques						
<p><b>Avantage :</b></p> <p>cette méthode permet de satisfaire aux contraintes de synchronisation très forte pour transmettre la voix. Le retard maximal toléré entre émetteur et récepteur est de 150 ms.</p> <p>Cette méthode assure la meilleure qualité de service ou <b>QoS Quality of Service</b> nécessaire au transfert de la voix.</p>	<p><b>Avantage :</b></p> <p>ce mode de gestion est plus simple et moins contraignant pour l'architecture du réseau.</p> <p>Inconvénient : il n'y a pas de qualité de service, certains paquets peuvent être perdus.</p>						
	 <table border="1" data-bbox="813 683 1165 896"> <thead> <tr> <th>PREFIX ADDRESS</th> <th>EXIT INTERFACE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>128.92.1.1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>171.62.1.1</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	PREFIX ADDRESS	EXIT INTERFACE	128.92.1.1	0	171.62.1.1	1
PREFIX ADDRESS	EXIT INTERFACE						
128.92.1.1	0						
171.62.1.1	1						

## 2.5 Perspectives d'avenir les objets connectés ou IoT Internet of Things

De plus en plus d'objets de la vie de tous les jours, objets gérés par des systèmes à microprocesseurs autonomes ou systèmes embarqués sont connectés à internet. Cela n'est pas sans poser des problèmes sérieux de sécurité. En effet un pirate ou Hacker pourra profiter de faille dans la conception logicielle de l'objet pour s'introduire dans le réseau sur lequel cet objet est connecté.

Cette profusion prévisible d'objet sur *la toile*, surnom donné à Internet, à contraint à gérer l'adressage de manière plus complète : c'est le passage des adresses d'IPv4 en IPv6.



7



<sup>7</sup> <https://education.francetv.fr/matiere/technologie/seconde/video/les-objets-connectes>

### 3 Le WEB

#### 3.1 Principe de fonctionnement : interaction client-serveur

La navigation sur internet met en œuvre des hypertextes, c'est-à-dire des documents qui sont interconnectés entre eux par des liens de navigation. Le transfert de fichiers sur le web est réalisé par le protocole HTTP : **HyperText Transfer Protocol**. C'est ce protocole qui permet à un poste client d'accéder à une page web stockée sur un serveur.

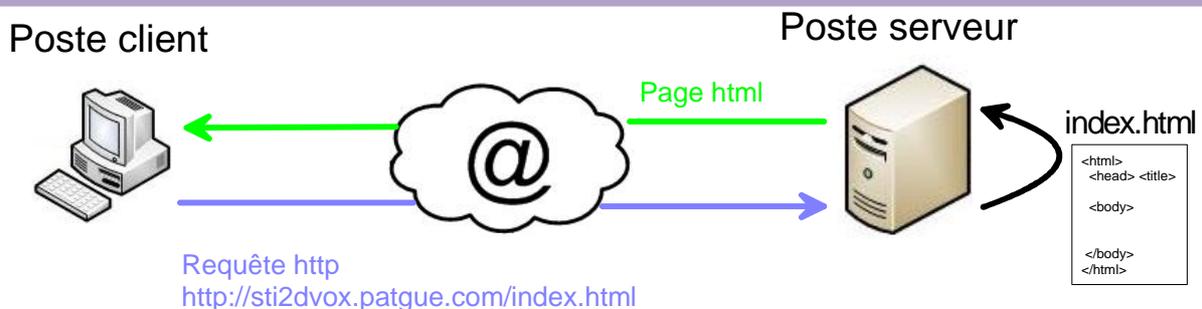
La navigation sur le réseau Internet est possible grâce à deux points essentiels :

- Tous les postes qui utilisent internet sont identifiés par une adresse sur le réseau. Cette adresse appelée adresse IPv4 ou IPv6 sera explicitée plus loin dans le cours et les simulations.
- Des serveurs font fonctionner la navigation sur le WEB et fournissent des services particuliers comme la correspondance entre le nom d'un site que l'on souhaite visiter comme par exemple <https://www.education.gouv.fr/> et son adresse IP sur le réseau : c'est le service DNS.

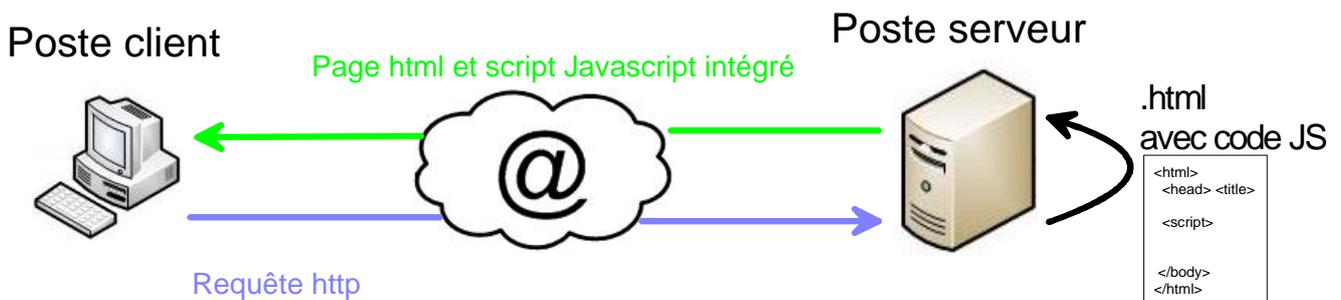
Dans une **architecture client-serveur** les serveurs peuvent répondre aux requêtes envoyées par les programmes de navigation des clients. Plusieurs fonctionnements sont possibles, nous pouvons distinguer deux types de sites :

- Les sites statiques, la réponse du serveur est toujours identique en fonction de la page web demandée.
- Les sites dynamiques, la réponse du serveur est adaptée au contexte de la demande. Elle met en œuvre des technologies coté poste client, comme le JavaScript, ou des technologies coté serveur comme PHP et / ou des bases de données comme SQL.

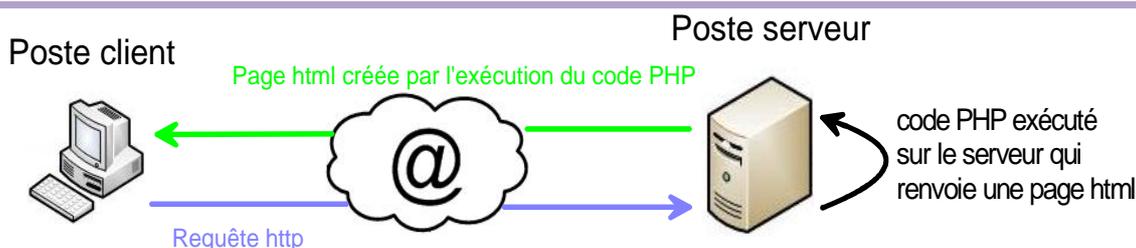
**Site statique** : Le poste client exécute le code html dans son navigateur.



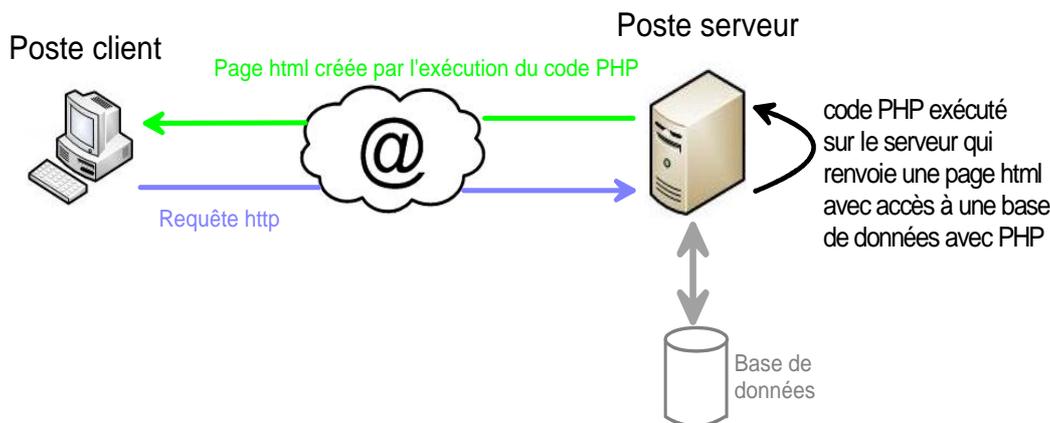
**Site dynamique local** : Le poste client exécute le code html et JavaScript dans son navigateur.



Site dynamique serveur : Le poste client exécute le code html reçu dans son navigateur. Ce code html est issu des instructions exécutées sur le serveur. Ces instructions ne sont pas visibles par le client.



Site dynamique serveur : Le poste client exécute le code html reçu dans son navigateur. Ce code html est issu des instructions exécutées sur le serveur, ces instructions permettent l'accès à une base de données qui augmente le dynamisme des pages.



## 3.2 L'URL ou Uniform Resource Locator

### a) Définition d'une URL

Une URL est une chaîne de caractères indiquant où une ressource peut être trouvée sur Internet. Dans le contexte HTTP, les URL sont appelées des « adresses Web » ou « liens ». Votre navigateur affiche les URL dans sa barre d'adresse, par exemple <https://developer.mozilla.org>

### b) Anatomie d'une URL<sup>8</sup>

Prenons l'URL en exemple sur le site cité en référence :

**<http://www.exemple.com:80/chemin/vers/monfichier.html>**

Nous pouvons la découper en plusieurs parties :

**<http://www.exemple.com:80/chemin/vers/monfichier.html>**

Le protocole : Ce fragment indique au navigateur le protocole qui doit être utilisé pour récupérer le contenu. Généralement, ce protocole sera HTTP ou sa version sécurisée : HTTPS. Le « Web » fonctionne autour de ces deux protocoles mais le navigateur peut parfois gérer d'autres protocoles comme mailto: (qui permet d'ouvrir un client de messagerie électronique) ou ftp: qui permet de transférer des fichiers. Ne soyez pas surpris donc si vous rencontrez ces autres protocoles.



<sup>8</sup> Voir [https://developer.mozilla.org/fr/docs/Apprendre/Comprendre\\_les\\_URL](https://developer.mozilla.org/fr/docs/Apprendre/Comprendre_les_URL)

**Le nom de domaine :** Il indique le serveur web auquel le navigateur s'adresse pour échanger le contenu. À la place du nom de domaine, on peut utiliser une adresse IP, ce qui sera moins pratique (et qui est donc moins utilisé sur le Web).

**Le port :** Il indique la « porte » technique à utiliser pour accéder aux ressources du serveur. Généralement, ce fragment est absent car le navigateur utilise les ports standards associés aux protocoles (80 pour HTTP, 443 pour HTTPS). Si le port utilisé par le serveur n'est pas celui par défaut, il faudra l'indiquer.

**Le chemin vers le fichier :** est le chemin, sur le serveur web, vers la ressource. Aux débuts du Web, ce chemin correspondait souvent à un chemin « physique » existant sur le serveur. De nos jours, ce chemin n'est qu'une abstraction qui est gérée par le serveur web, il ne correspond plus à une réalité « physique ».

**`http://www.exemple.com:80/chemin/vers/monfichier.html?clé1=valeur1&clé2=valeur2#QuelquePartDansLeDocument`**

**Les paramètres :** sont des paramètres supplémentaires fournis au serveur web. Ces paramètres sont construits sous la forme d'une liste de paires de clé/valeur dont chaque élément est séparé par une esperluette (&). Le serveur web pourra utiliser ces paramètres pour effectuer des actions supplémentaires avant d'envoyer la ressource. Chaque serveur web possède ses propres règles quant aux paramètres. Afin de les connaître, le mieux est de demander au propriétaire du serveur.

**Une ancre :** celle-ci désigne un endroit donné de la ressource. Une ancre représente, en quelque sorte, un marque-page à l'intérieur de la ressource. Ajouter une ancre à une URL permet au navigateur d'afficher la ressource à l'endroit de ce marque page. Pour un document HTML, par exemple, le navigateur défilera la page jusqu'au niveau de l'ancre. Pour un document audio ou vidéo, le navigateur ira se placer à l'instant représenté par l'ancre.

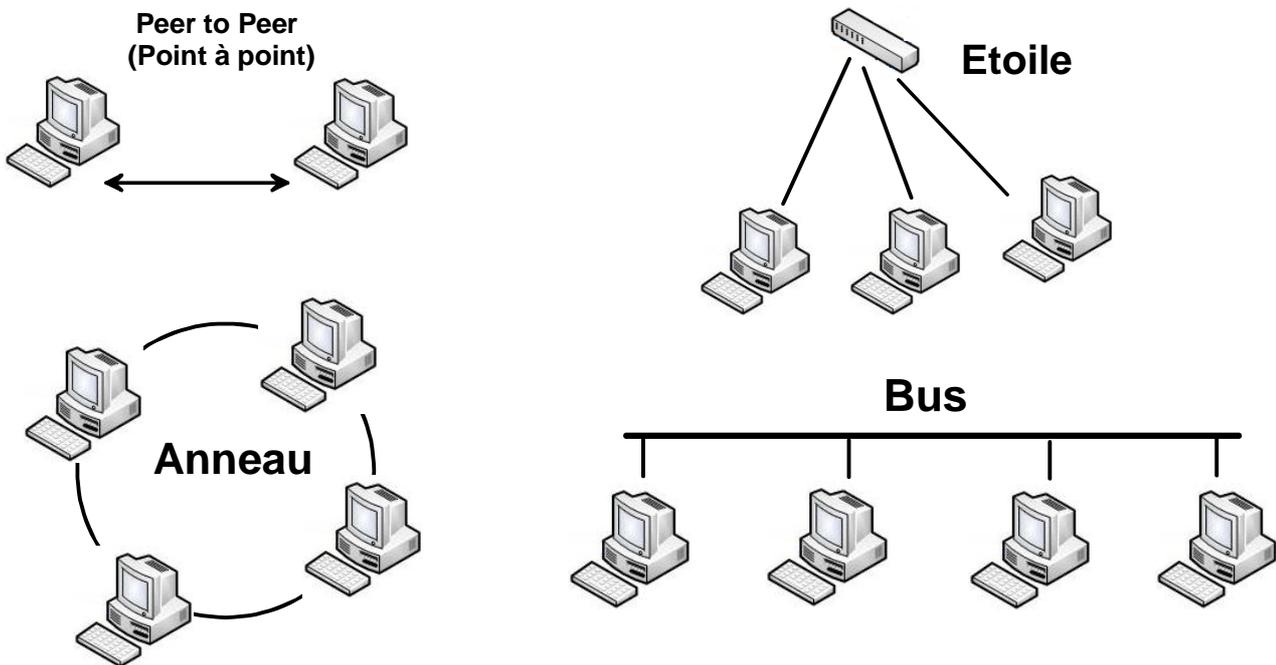
On notera également que la partie de l'URL située après le # n'est jamais envoyée au serveur avec la requête **car c'est le navigateur sur le poste client qui l'utilise en local après avoir reçu la page web.**



## 4 Organisation matérielle du réseau

### 4.1 La topologie

La topologie correspond à l'architecture physique d'un réseau. Il y a plusieurs configuration possibles citons les plus courantes :



### 4.2 Se connecter : la carte réseau

Dans les réseaux courants les équipements sont équipés de cartes réseaux qui sont reliés avec une liaison de type RJ45 / 8 fils. Plusieurs câblage sont possibles consulter des sites spécialisés si l'expérience vous tente.



Chaque équipement réseau est identifié par une adresse physique unique appelé **adresse MAC**.



Exemple : Une adresse MAC-48 est constituée de 48 bits (6 octets) et est généralement représentée sous la forme hexadécimale en séparant les octets par un double point ou un tiret. Par exemple 5E:FF:56:A2:AF:15.



### 4.3 Identifions quelques équipements et service dans un réseau simple

Il peut s'agir d'un réseau domestique ou d'un réseau d'une petite entreprise ou un commerce. Listons les principaux éléments et / ou services :

#### a) Les équipements

**La box** : terme générique indiquant l'équipement fourni par l'opérateur et permettant l'accès au réseau WAN. Cet équipement est connecté sur le réseau WAN desservant le client et sur le réseau local LAN au domicile / entreprise. Connectés à plus d'un réseau la Box contient donc un routeur.

**Le routeur** : équipement possédant au moins deux cartes réseau permettant l'interconnexion d'un réseau vers l'autre, en général il assure la liaison WAN et LAN.

**Le commutateur ou switch** : équipement permettant de connecter en étoile plusieurs éléments, PC, autre switch, imprimante, etc.... A ne pas confondre avec le **HUB** aujourd'hui obsolète.

**Le Wifi** : liaison radio étendant le réseau domestique dans le domaine des ondes radios de courtes portées, quelques dizaines de mètres.

**Le Bluetooth** : liaison radio à très courte distance.

#### b) Les services

La Box peut fournir un certain nombre de services :

**Le DHCP** : service qui permet de fournir automatiquement une adresse à un nouvel équipement du réseau.

Elle indique également les adresses IP des serveurs DNS du FAI ainsi que l'adresse du routeur d'accès du même FAI.

Le **DNS** : service permettant de traduire des noms de sites en adresse IP.

#### c) Accéder aux informations de la box

La box occupe généralement l'adresse IP (décrites plus bas) la plus basse sur le réseau local. Donc par exemple 192.168.1.1 observons un exemple d'informations fournies sur une page de statut d'une box :

## INFORMATIONS MODEM

### Informations Générales

#### INFORMATIONS MODEM:

- Version du firmware : V50-23

#### INFORMATIONS SUR LA LIGNE ADSL:

- Mode : G.DMT

	(UPSTREAM)	(DOWNSTREAM)
- Débits de synchronisation ATM (Kbps):	1023	24913
- Marge signal sur bruit (dB) :		
- Atténuation (dB) :		

Débit montant

Débit descendant

#### INFORMATIONS SUR LA CONNEXION EN COURS:

- Adresse IP du réseau distant (WAN) : [REDACTED]

- TX/RX: 0/0

- Adresse du serveur DNS primaire : 109.0.66.10

- Adresse du serveur DNS secondaire : 109.0.66.20

- Adresse de la passerelle par défaut : 109.6.48.110

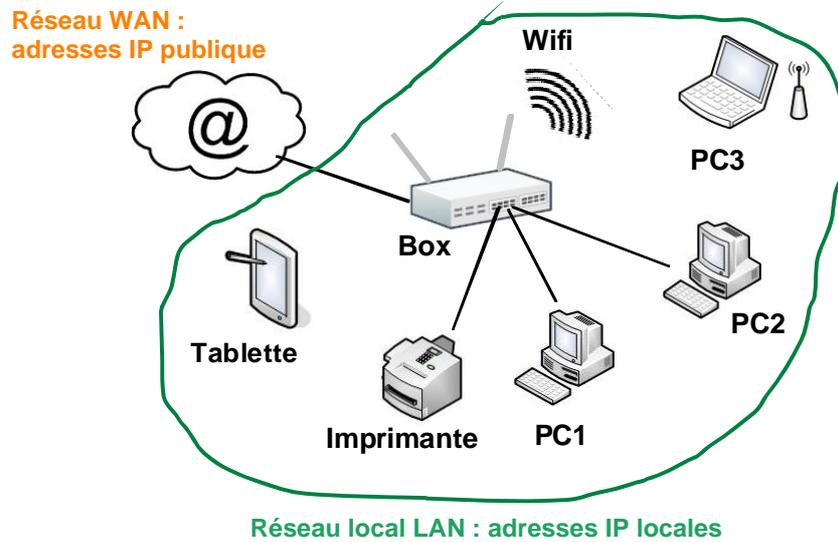
Données du FAI



**d) Description d'un réseau particulier**

Sur ce schéma d'un réseau privé de type domestique nous observons que la box dessert trois équipements par le réseau filaire et deux équipements par le wifi réseau radio. Tous ces équipements possèdent une adresse IP locale par exemple sous la forme 192.168.1.xx

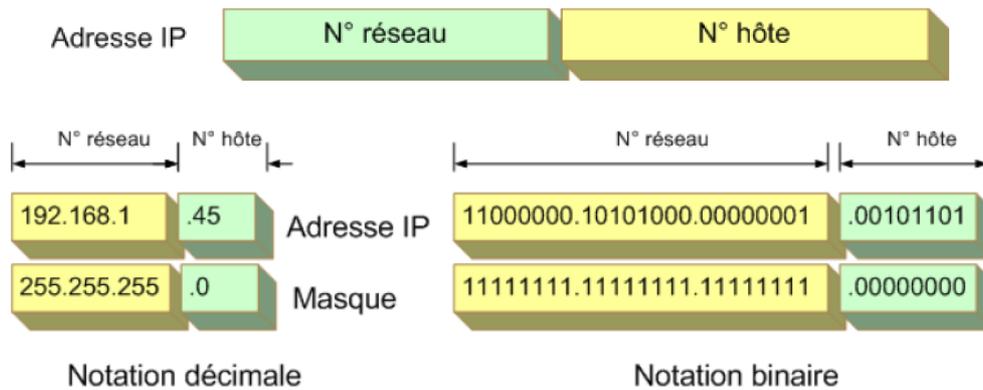
La box possède deux adresses, une locale et une publique.



**4.4 L'adressage des éléments du réseau, l'adresse IP v4 et v6**

**a) Les adresses IP**

Permet d'identifier le numéro de réseau (**netid**) et le numéro d'hôte (**hostid**). Elle est constituée d'une suite de quatre octets (IP v4) **et** d'un masque également composé de quatre octets.



Pour le masque il y a deux notations possibles :

- ◆ La notation décimale :
  - Ex : 192.168.1.34 et 255.255.255.0
- ◆ La notation du nombre de bits à 1 du masque
  - Ex : 192.168.1.34 / 24

Il y a deux adresses réservées :

N° d'hôte = 0 : adresse du réseau.

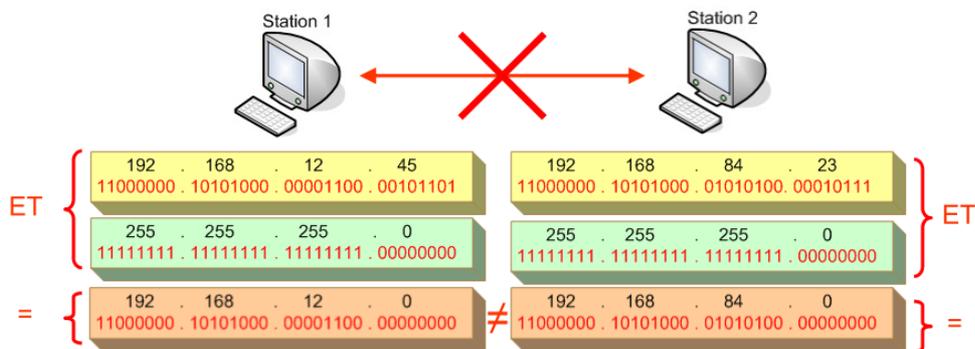
N° d'hôte avec tous les bits à 1 soit FF ou (255) en IP v4 : adresse de diffusion générale ou **Broadcast**.



## b) Communication entre deux hôtes

Deux hôtes ne peuvent communiquer que s'ils appartiennent au même réseau :

- Deux hôtes peuvent communiquer en direct si :
  - ♦ Le résultat d'un ET LOGIQUE entre l'adresse IP et le masque est identique pour les 2 hôtes
- Exemple



La notion de classe d'adresses est aujourd'hui obsolète mais doit néanmoins être connue, de plus c'est celle qui est utilisée chez les petits réseaux domestiques ou d'entreprises.

				Plage d'adresses IP	
				Adresse mini	Adresse max.
<b>Classe A</b>	0	Adresse réseau 7 bits	Adresse machine 24 bits	0.0.0.0	127.255.255.255
<b>Classe B</b>	1 0	Adresse réseau 14 bits	Adresse machine 16 bits	128.0.0.0	191.255.255.255
<b>Classe C</b>	1 1 0	Adresse réseau 21 bits	Adresse machine 8 bits	192.0.0.0	223.255.255.255
<b>Classe D</b>	1 1 1 0	Adresse multidestinataire 28 bits		224.0.0.0	239.255.255.255
<b>Classe E</b>	1 1 1 1 0	Réservé pour usage ultérieur		240.0.0.0	247.255.255.255

- Volonté d'attribution équitable des adresses IP
- Existence de 5 classes d'adresses IP
  - ♦ Classes A, B, C, D et E
- A chaque classe correspond un nombre de réseaux et un nombre d'hôtes défini
- La classe est déterminée par les 4 premiers bits de l'adresse :

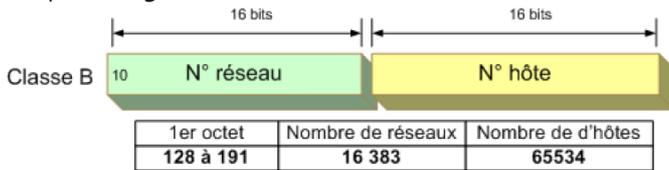
Bits de poids fort	Intervalle du 1 <sup>er</sup> octet	Classe
0	1 à 126	A
10	128 à 191	B
110	192 à 223	C
1110	224 à 239	D
1111	Réservé	E

Les adresses IP v6 définies sur 6 octets ont été nécessaires pour dé-saturer l'attribution des adresses avec IP v4. Elles sont organisées de manières différentes.



## CLASSE B

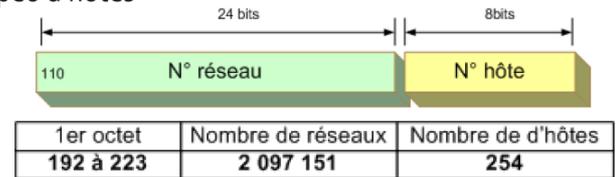
- 16 383 réseaux , 65534 hôtes dans chaque réseau
- Idéal pour un gros réseau local



- Le masque : 255.255.0.0
- Exemple : 170.23.15.78/16
  - 170.23 est le netid , 15.78 est le hostid

## CLASSE C

- 2 097 151 réseaux , 254 hôtes dans chaque réseau
- Très peu d'hôtes



- Le masque : 255.255.255.0
- Exemple : 193.14.1.39/24
  - 193.14.1 est le netid, 39 est le hostid

- Certaines adresses sont publiques et d'autres privées
  - C'est une des solutions trouvées pour limiter le nombre d'adresses IP sur Internet
  - Les adresses privées ne sont pas visibles sur Internet
- Les adresses privées sont définies pour chaque classe d'adresse

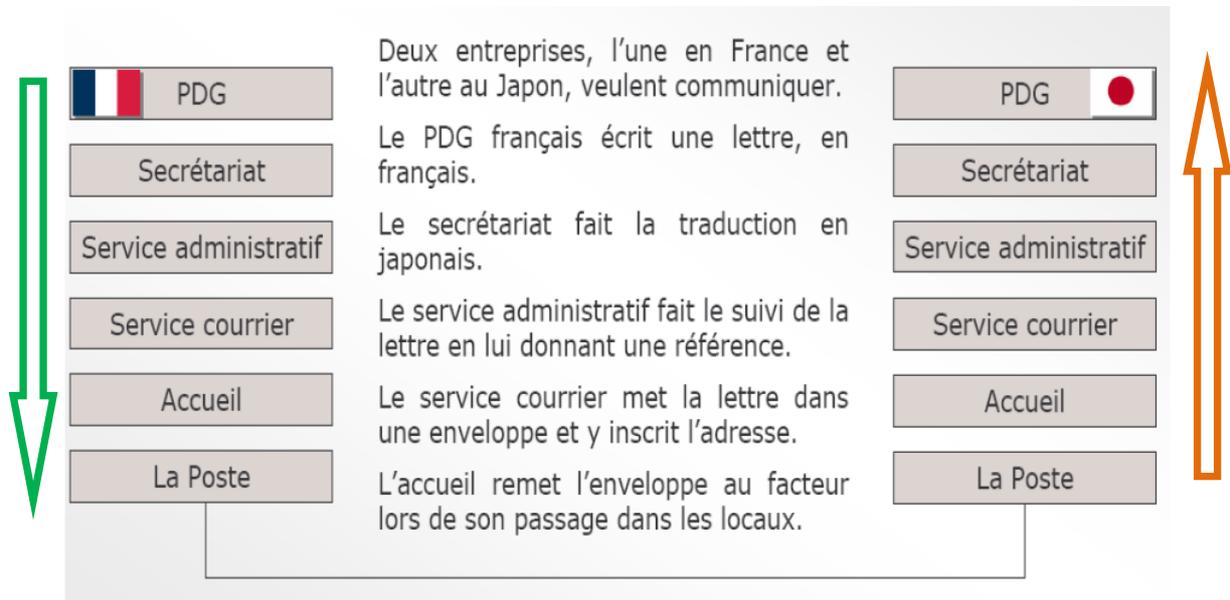
**Classe A** 10 . 0 . 0 . 0 à 10 . 255 . 255 . 255 → 1 réseau de classe A  
**Classe B** 172.16.0.0 à 172 . 31 . 255 . 255 → 16 réseaux de classe B  
**Classe C** 192.168.0.0 à 192.168.255.255 → 256 réseaux de classe C



## 5 Description fonctionnelle du réseau

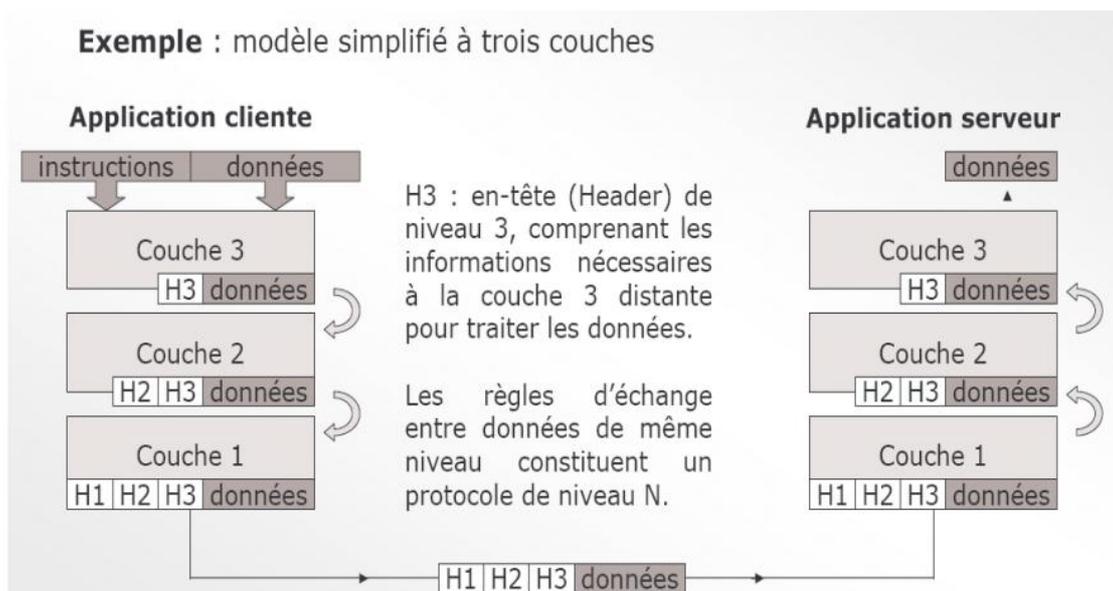
### 5.1 Le modèle en couche OSI

Une analogie permet de comprendre cette description en couche du fonctionnement du réseau. Considérons deux PDG de deux entreprises qui veulent communiquer une information. Le cheminement de cette information peut être représenté ci-après<sup>9</sup> :



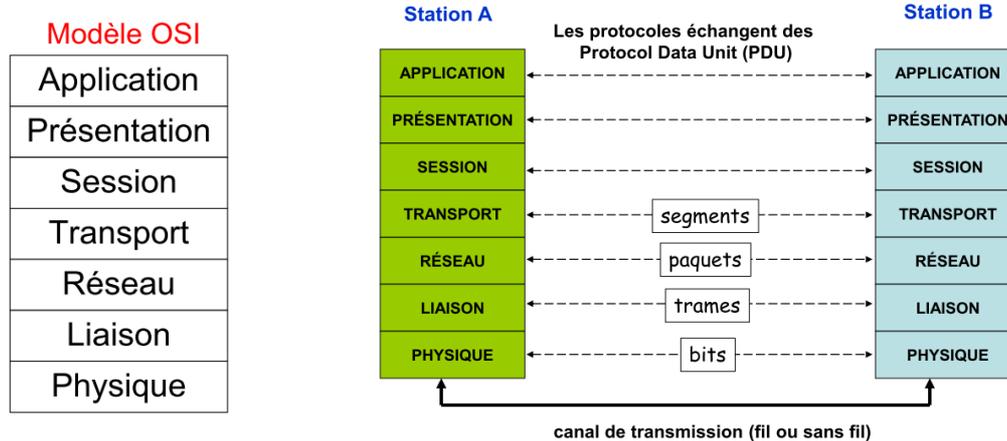
Chaque couche ajoute les informations nécessaires pour la couche suivante à l'émission, flèche verte, et à la réception chaque couche ne conserve que les informations à transmettre au niveau supérieur, flèche orange.

Finalement les deux PDG ignorent les détails de la transmission de l'information et se retrouvent en communication directe via courrier postal.

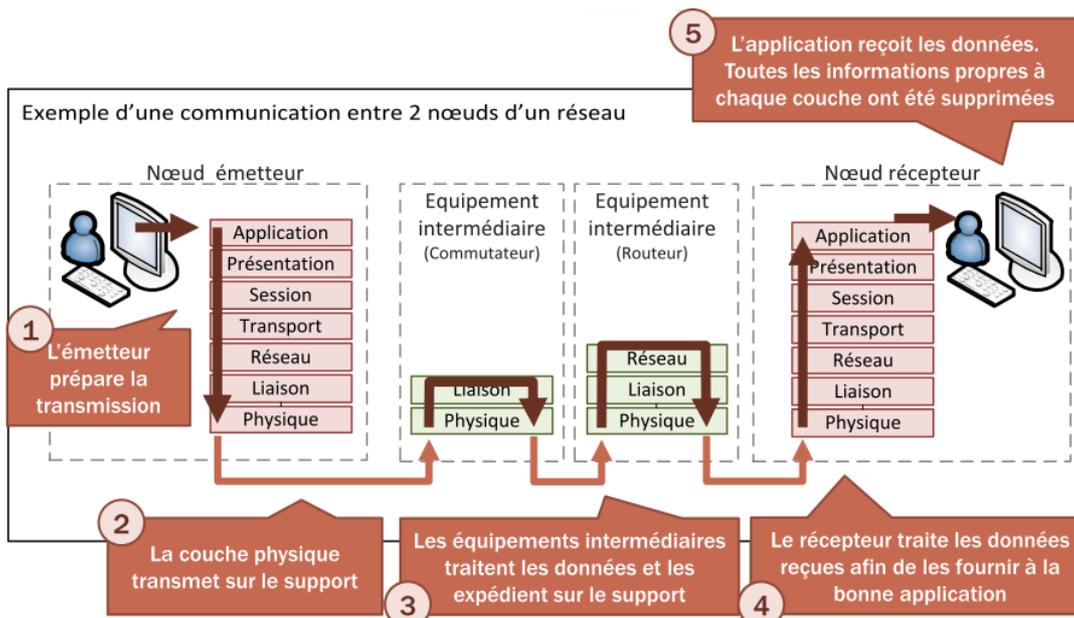
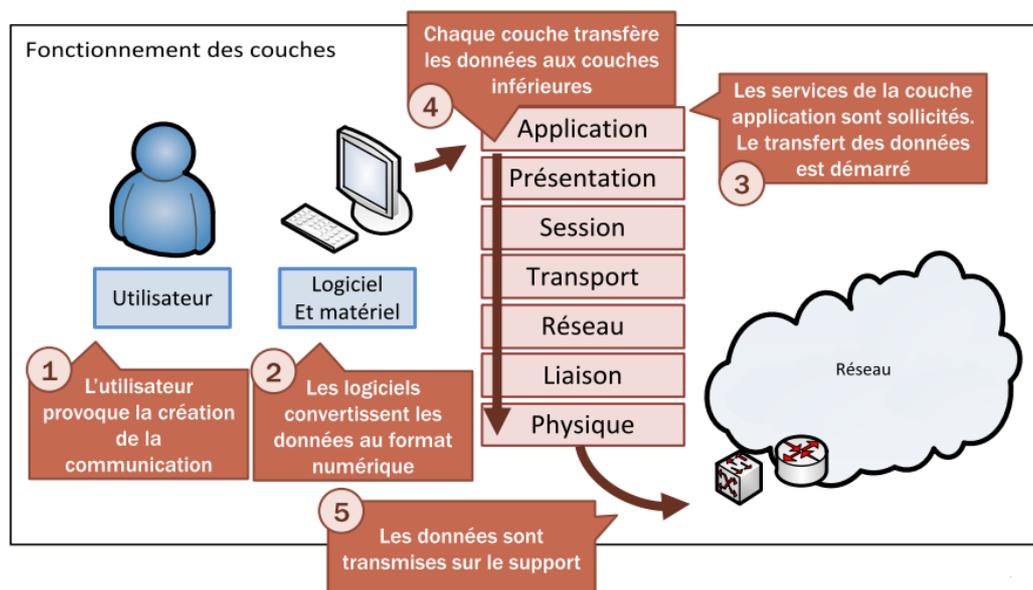


<sup>9</sup> Site [www.sop.inria.fr/members/Abdulhalim.Dandoush/papier/M212\\_S2A\\_slides.pdf](http://www.sop.inria.fr/members/Abdulhalim.Dandoush/papier/M212_S2A_slides.pdf) consulté le 18 janvier 2018.

Le modèle officiel complet appelé modèle OSI est donc constitué de sept couches :



Le principe du fonctionnement :



## 5.2 Le modèle TCP/IP

Le modèle TCP/IP est un modèle simplifié où certaines couches du modèle OSI sont regroupées, c'est ce modèle qui est adopté par le réseau mondial Internet :

Modèle TCP/IP	Modèle OSI
Application	Application
	Présentation
	Session
Transport	Transport
Internet	Réseau
Accès réseau	Liaison
	Physique

**T**ransmission **C**ontrol **P**rotocol

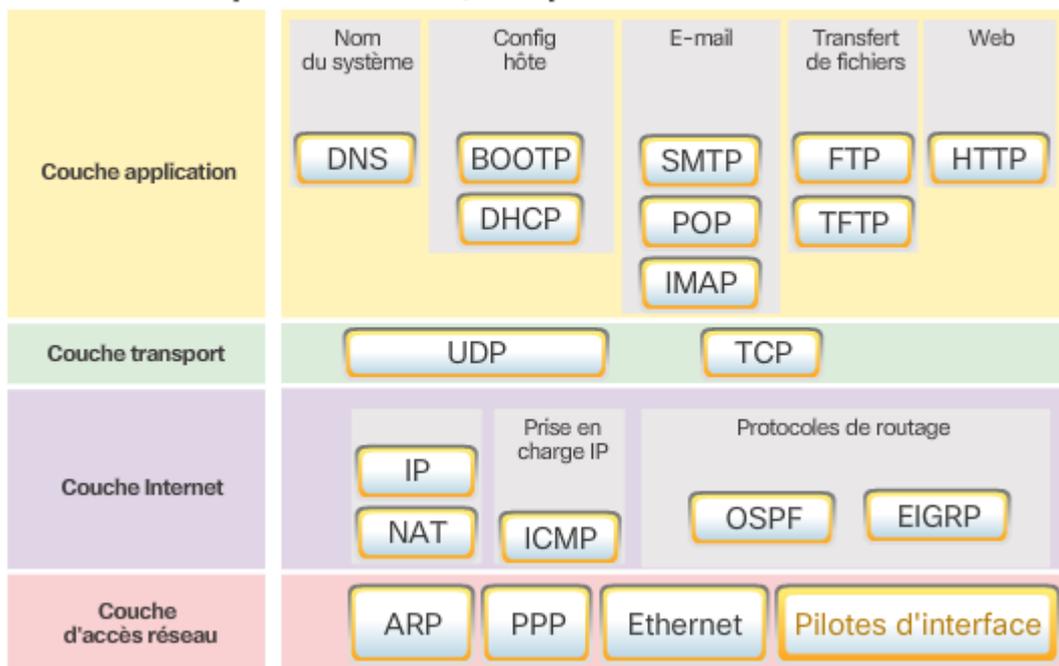
**I**nternet **P**rotocol

La couche Internet est la plus importante.



Chaque couche à son propre rôle et est gérée par un certain nombre de protocoles.

### Suite de protocoles TCP/IP et processus de communication

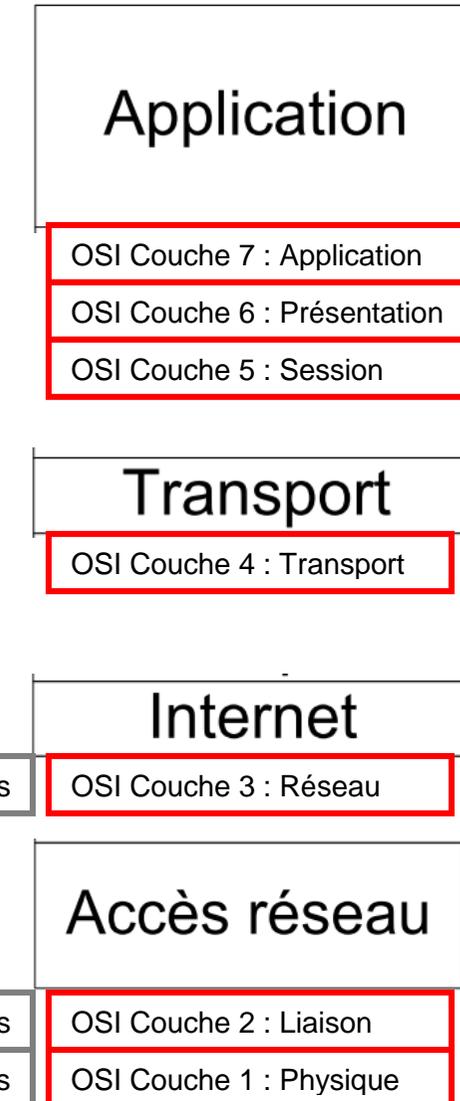


# Chaque couche à son propre rôle et est gérée par un certain nombre de protocoles :

## PROTOCOLE

## FONCTION

- ◆ SMTP (*Simple Mail Transfer Protocol*)
  - ◆ HTTP (*HyperText Transfer Protocol*)
  - ◆ Telnet, FTP (*File Transfer Protocol*) , ...
- .....
- ◆ **TCP**, un protocole orienté connexion qui assure le contrôle des erreurs
  - ◆ **UDP**, un protocole non orienté connexion dont le contrôle d'erreur est peu fiable
- .....
- Les 5 protocoles de la couche Internet
    - ◆ IP (*Internet Protocol*)
    - ◆ ARP (*Address Resolution Protocol*)
    - ◆ ICMP (*Internet Control Message Protocol*)
    - ◆ RARP (*Reverse Address Resolution Protocol*)
    - ◆ IGMP (*Internet Group Management Protocol*)
- .....
- Pour les réseaux locaux
    - ◆ FDDI , Ethernet , Token ring



- Regroupe 3 couches du modèle OSI
    - ◆ Les couches Présentation et Session n'étaient pas très utilisées
  - Cette couche regroupe des protocoles haut niveau
    - ◆ Destinés à fournir des services évolués
    - ◆ Ex : Netbios
- .....
- Son rôle est de permettre à des **entités paires de soutenir une conversation**
  - Permet de dissocier les applications réseau par l'utilisation d'un **port de connexion**
  - Deux implémentations officielles
    - ◆ **TCP**, un protocole orienté connexion qui assure le contrôle des erreurs
    - ◆ **UDP**, un protocole non orienté connexion dont le contrôle d'erreur est peu fiable
- .....
- Elle est chargée de :
    - ◆ Gérer les notions d'adressage IP
    - ◆ Réaliser l'acheminement et le réassemblage de *paquets* au travers de réseaux hétérogènes et interconnectés
- .....
- S'occupe de la transmission de données sur un support physique
  - Elle est chargée de :
    - ◆ L'acheminement des données sur le réseau
    - ◆ La synchronisation des données
    - ◆ Le codage des données
    - ◆ La conversion des signaux analogiques/numériques
    - ◆ Contrôler les erreurs de transmission

## 6 Exercice sur les adressages en IP v4

Binaire	Décimal
11001100	
10101010	
11100011	
10110011	

Binaire	Décimal
	192
	83
	172
	206

Décimal	Binaire
192.168.5.1	
83.206.23.134	
84.22.161.192	
213.41.120.195	

En respectant les différentes règles sur les classes d'adresses, déterminez la classe et entourez, pour chacune des adresses suivantes, le numéro de réseau (netid) ou le numéro d'hôte (hostid):

Classe	Partie à entourer	Décimal
	NetId	1.102.45.177
	HostId	196.22.177.13
	NetId	133.156.55.102
	HostId	221.252.77.10
	NetId	123.12.45.77
	HostId	126.252.77.103
	NetId	13.1.255.102
	HostId	171.242.177.109

Parmi les adresses IP suivantes, précisez la classe et le masque associé et s'il s'agit d'adresses privées ou publiques :

Adresses	Masque	Classe A	Classe B	Classe C	Privée	Publique
172.14.13.45		<input type="checkbox"/>				
192.168.3.21		<input type="checkbox"/>				
10.45.12.56		<input type="checkbox"/>				
83.206.12.34		<input type="checkbox"/>				
10.10.34.56		<input type="checkbox"/>				
192.165.34.12		<input type="checkbox"/>				
172.24.45.19		<input type="checkbox"/>				
123.14.34.67		<input type="checkbox"/>				
192.16.1.24		<input type="checkbox"/>				
221.13.45.10		<input type="checkbox"/>				



## 7 Problème réseau : la piscine de Bayonne

Dans une piscine classique, les dysfonctionnements sont signalés par téléphone et il faut attendre qu'un technicien se déplace pour intervenir. Cette piscine est dotée d'un réseau informatique et d'un accès à internet permettant une gestion à distance de tout le système technique.

Cet environnement informatique permet de :

- détecter et résoudre rapidement des problèmes de manière à répondre rapidement aux besoins de santé et de confort des usagers ;
- limiter au maximum les déplacements des techniciens et ainsi participer à la diminution d'émission de CO2.



On se propose d'étudier dans les paragraphes suivants l'organisation et le paramétrage du réseau informatique. Le schéma représentatif du réseau informatique est donné en annexe.

La gestion technique du bâtiment (GTB) intègre l'ensemble des systèmes de contrôle/commande dans le but d'optimiser les consommations d'énergie du bâtiment. La supervision GTB comprend un poste local et un poste de télémaintenance déporté sur internet.

Les deux postes disposent du même logiciel dont le rôle est de :

- afficher un synoptique représentatif du système ;
- afficher l'évolution en temps réel des données ;
- commander en temps réel des actionneurs ;
- archiver, imprimer, etc. ...

Un réseau d'automates permet de gérer ces informations. Chaque automate doit assurer la concentration des données et les transmissions avec l'unité centrale (superviseur GTB). La transmission des données est effectuée sous le protocole Ethernet TCP/IP.

À partir d'un serveur central sur internet (totalement dissocié du serveur des automates), ce système de contrôle d'accès permet en temps réel :

- d'effectuer la vente des titres d'accès ;
- de gérer les entrées ;
- de faciliter le travail des caissières ;
- de mieux connaître ses clients : particuliers, groupes, clubs ;
- de maîtriser les heures d'ouverture et la fréquentation de l'établissement ;
- de distinguer les clients ponctuels des abonnés.

La solution porte le nom "Oxygene Full Web". En cas de dysfonctionnement d'internet la caisse fonctionne en mode autonome.

**Le secrétariat et la direction disposent de postes informatiques et d'imprimantes reliés au système « Oxygene Full Web » permettant à la direction de consulter les données de caisse à travers un simple navigateur. Les bureaux des associations et la salle de réunion disposent aussi de prises multimédia pour un accès à internet.**

Q5. En analysant le document DT4, nommer les technologies physiques utilisées sur le réseau local et pour la liaison WAN.

Q6. Indiquer le rôle du routeur modem ADSL dans la structure de ce réseau informatique.



**Le paramétrage IP des équipements du réseau doit permettre aux machines de communiquer avec le routeur.**

Q7. Pour le routeur modem ADSL, donner, l'adresse privée qui lui permet de communiquer avec le superviseur sur internet ainsi que l'adresse publique qui lui permet de communiquer avec le matériel de la piscine.

Q8. Pour la partie LAN, donner le masque et l'adresse du réseau de la piscine.

Q9. Dans la situation décrite justifier que toutes les machines (automates, ordinateurs, imprimantes) du réseau LAN peuvent communiquer entre elles et avec le routeur.

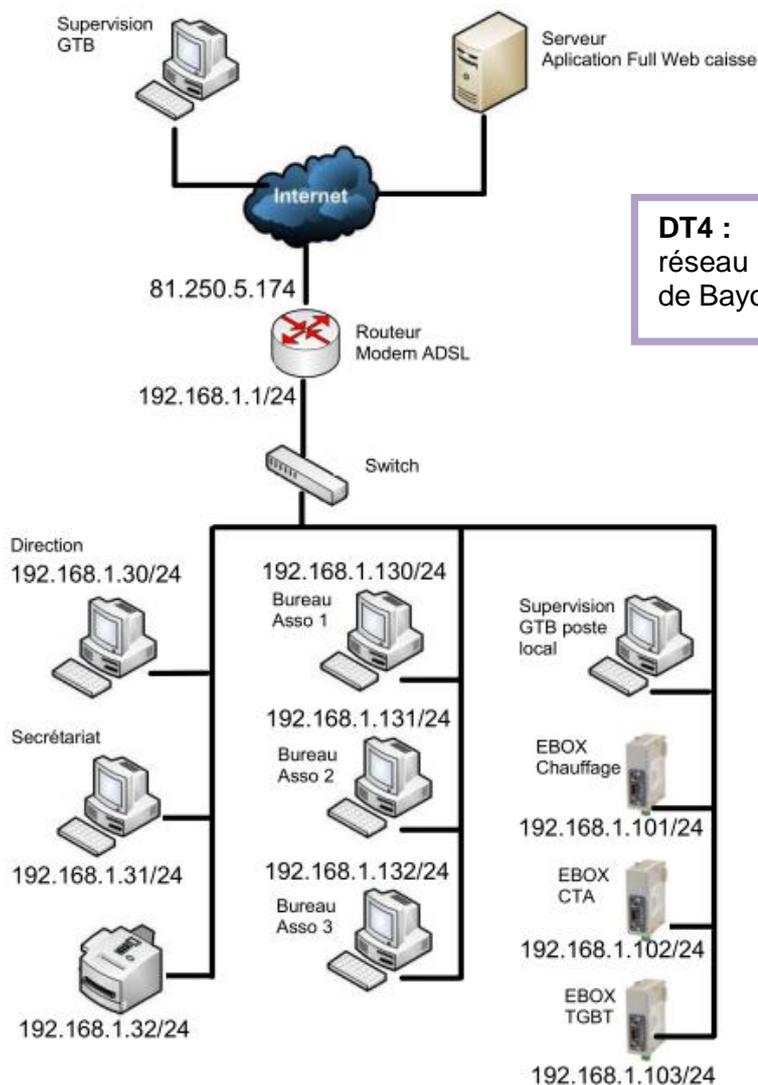
**Les équipements internes à la piscine doivent communiquer avec le superviseur sur internet.**

Q10. Les machines disposent d'une adresse IP et d'un masque. Donner le nom du paramètre à ajouter pour qu'elles accèdent à internet.

Q11. Dans le cas du réseau étudié, indiquer la valeur de ce paramètre afin que les machines communiquent avec le superviseur sur internet.

Q12. Justifier que l'organisation physique et logique du réseau permet la gestion à distance de la piscine depuis internet, facilitant ainsi la gestion de l'entretien et de la maintenance.

**Q13. Configurer l'adressage du poste de supervision GTB local.**



**DT4 :** schéma du réseau de la piscine de Bayonne



## 8 Problème réseau : une machine de tri postal



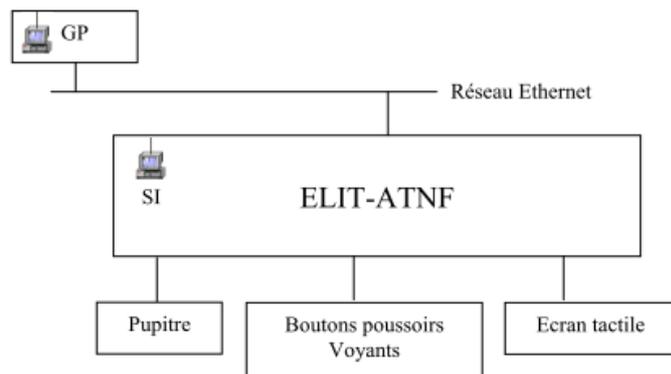
Photo de la Machine ELIT - ATNF du centre de tri de la Poste Evreux

Pour faire face à la future concurrence européenne, la Poste n'a cessé de réduire le temps de tri du courrier par l'introduction régulière de machines de tri automatique.

La machine de tri ELIT- ATNF permet de réaliser le tri automatique du courrier petit format indexé ou non à une vitesse de 30 000 plus par heure.

### 8.1 Présentation des organes de communication de la machine

La partie commande de l'ELIT-ATNF est constituée d'un ordinateur SI (Système d'Information) équipé d'un processeur 1Ghz, et d'une carte réseau Ethernet. Une fois que le poste de gestion de production (GP), ou poste informatique distant de la partie opérative, a envoyé le plan de tri à l'ELIT-ATNF via le réseau Ethernet (Document technique DT 2), l'opérateur peut ouvrir une vacation (travailler sur le système) à l'aide de l'écran tactile. Le pupitre dispose des boutons de mise en service de l'ELIT-ATNF (Mise en marche, arrêt, arrêt d'urgence, ...)



### 8.2 Validation du choix du réseau Ethernet

La Poste souhaite superviser à distance les comptes-rendus de l'ELIT-ATNF, on souhaite donc installer un poste à distance de la partie opérative, le problème est de configurer correctement cette machine afin de la rendre compatible avec le réseau.

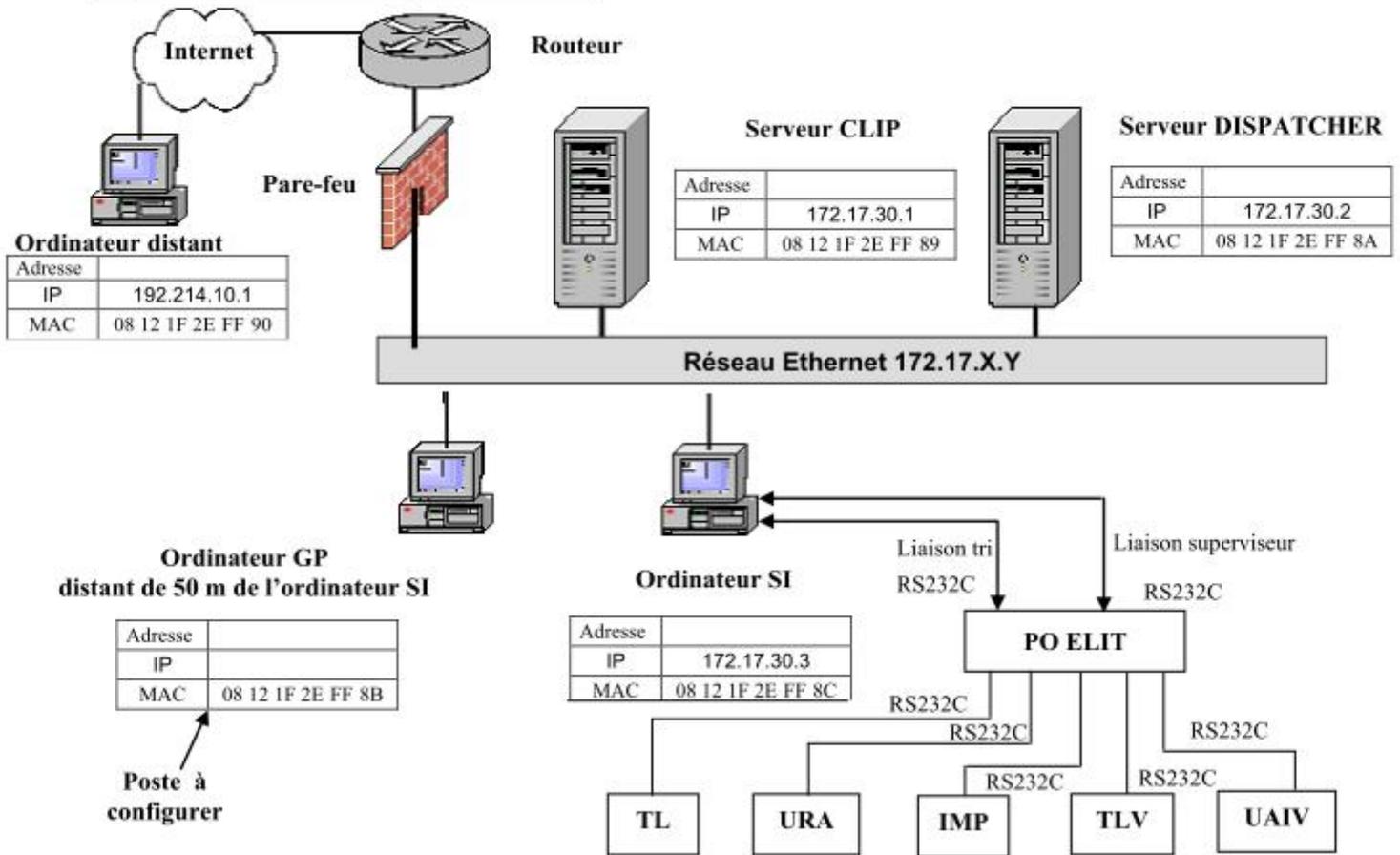
Q1. D'après l'organisation informatique adoptée par la Poste, représentée sur le document technique DT 2, identifier la structure du réseau (de bus, de maille, anneau, étoile ou point à point) et justifier cette solution.

Q2. Déterminer la classe d'adresse IP utilisée par la Poste. Proposer une adresse IP pour le poste GP.



# Document technique DT2

## Organisation informatique de la Poste



				Plage d'adresses IP	
				Adresse mini	Adresse max.
<b>Classe A</b>	0	Adresse réseau 7 bits	Adresse machine 24 bits	0.0.0.0	127.255.255.255
<b>Classe B</b>	1 0	Adresse réseau 14 bits	Adresse machine 16 bits	128.0.0.0	191.255.255.255
<b>Classe C</b>	1 1 0	Adresse réseau 21 bits	Adresse machine 8 bits	192.0.0.0	223.255.255.255
<b>Classe D</b>	1 1 1 0	Adresse multidestinataire 28 bits		224.0.0.0	239.255.255.255
<b>Classe E</b>	1 1 1 1 0	Réservé pour usage ultérieur		240.0.0.0	247.255.255.255

### 8.3 Analyse d'une trame Ethernet

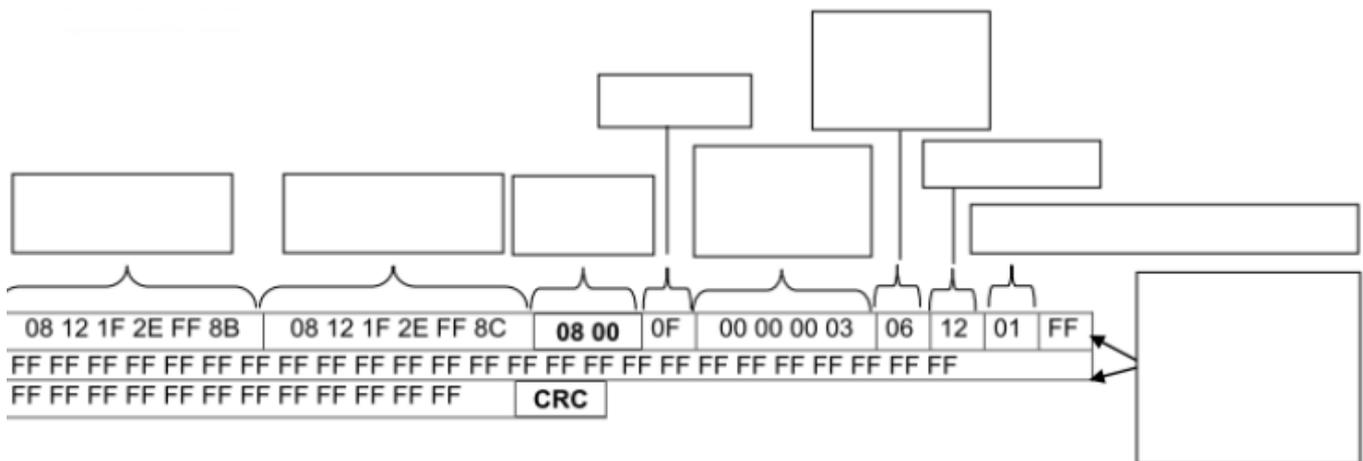
On capte la trame suivante sur le réseau, voir la documentation technique DT3-DT4 plus bas :

08 12 1F 2E FF 8B	08 12 1F 2E FF 8C	08 00	0F	00 00 00 03	06	12	01	FF
FF FF FF FF FF FF FF FF	FF FF FF FF FF FF FF FF	FF FF FF FF FF FF FF FF	FF FF FF FF FF FF FF FF	FF FF FF FF FF FF FF FF	FF FF FF FF FF FF FF FF	FF FF FF FF FF FF FF FF	FF FF FF FF FF FF FF FF	FF FF FF FF FF FF FF FF
FF FF FF FF FF FF FF FF	FF FF FF FF FF FF FF FF	CRC						

Q3. Citer l'ordinateur de destination et de source.



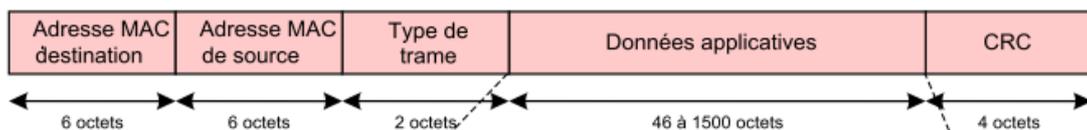
Q4. Décoder les informations transmises par la trame Ethernet et remplir le tableau ci-dessous :



## Document technique DT3-DT4

Ethernet est le nom donné à une des technologies les plus utilisées pour les réseaux locaux en bus. Elle a été inventée par Xerox au début des années 70 et normalisée par l'IEEE (Institute for Electrical and Electronics Engineers) vers 1980 sous la norme IEEE 802.

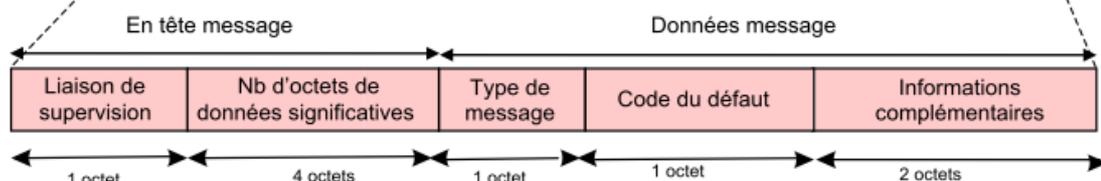
Structure d'une trame (ou paquet) Ethernet.



Informations définissant le **type de trame** :

Code (en hexadécimal)	Description
08 06	Requête ARP
80 35	Réponse RARP
08 00	Protocole utilisé TCP/IP
06 00	Protocole utilisé XNS
<06 00	Utilisé en 802.3 pour indiquer la longueur de la trame

Informations définissant les **données applicatives** significatives:



**Remarque :** Les données applicatives non significatives prennent la valeur FF.

Extrait du tableau de codes hexadécimaux de la **liaison de supervision**

Liaison de supervision	Code hexadécimal
INFORMATION TRI	A
CONFIRMATION TRI	B
FERMETURE SESSION	C
LISTE USAGERS	E
ETAT PO	F
DEFAULT	10
ARRET DEPILAGE	11
AUTORISATION CONVOYAGE	12
INTERDICTION CONVOYAGE	13
DEMANDE PERIPHERIQUES	1C
REPONSE PERIPHERIQUES	1D



Le tableau ci-dessous indique pour chaque état de la PO la valeur du champ « Type de message » du message ETAT\_PO.

Signification	Code hexadécimal
Initialisation	0
Machine arrêtée	3
Exploitation, dépileur arrêté	5
Exploitation, dépileur en marche	6
Arrêt machine	7

Extrait du tableau de codes hexadécimaux des champs « Code du défaut » et « Informations complémentaires »

Code hexadécimal	Libellé du code du défaut	Information complémentaire ( octet 1)	Information complémentaire ( octet 2)
0	Défaut chaîne de conditionnement	Apparition / disparition	
1	Défaut chaîne de sécurité		
2	Bourrage	Type de bourrage (voir ci-après)	Numéro de ligne ou de réceptacle
3	Réceptacle plein	Numéro du réceptacle concerné	
4	Réceptacle dégradé	Numéro du réceptacle concerné	
E	Défaut URA	Type du défaut (voir ci-après)	
F	Défaut UAI	Type du défaut	
10	Défaut IER	Numéro de l'IER	Type du défaut
11	Défaut IRJE	Type du défaut	Apparition / disparition
12	Défaut TL	Type de défaut (voir ci-après)	
13	Défaut TLV	Type de défaut	
14	Panne GIO		

**Remarque :** Lorsqu'il n'est pas significatif, un champ d'information complémentaire prend la valeur hexadécimale FF

Tableau de codes hexadécimaux de la valeur du champ «Type du défaut » du défaut TL.

Tableau *Défaut TL*

Libellé	Code hexadécimal
Défaut tête de lecture	0
Défaut cellules tête de lecture	1



## 9 Ressources utilisées pour rédiger ce cours :

---

- Lycée Diderot Génaël VALET
  - chap4-tcpip-v1-9 : [maurise-softawre1.e-monsite.com/medias/files/chap4-tcpip-v1-9.pdf](http://maurise-softawre1.e-monsite.com/medias/files/chap4-tcpip-v1-9.pdf)
  - Les réseaux TCP-IP
  - [maurise-softawre1.e-monsite.com/medias/.../not-fond-chap2-modeles-osi-tcpip-v2.pdf](http://maurise-softawre1.e-monsite.com/medias/.../not-fond-chap2-modeles-osi-tcpip-v2.pdf)
- Un remerciement particulier à l'excellent Mooc sur Fun Mooc : Comprendre le cœur d'internet : les réseaux d'opérateurs dont sont issus beaucoup d'illustrations de ce cours, sauf avis contraire.
- Les réseaux, Guy PUJOLLE, Eyrolles, édition 2014.
- De nombreux sites internet cités au fur et à mesure tous ici remerciés, avec :
  - <https://sites.google.com/site/grivelstudies/home/module1/chapitre-3>

