

LES RÉSEAUX INFORMATIQUES

Table des matières

LES RÉSEAUX INFORMATIQUES.....	1
1- HISTORIQUE D'INTERNET.....	2
2- GÉNÉRALITÉS.....	3
3- LE MODÈLE OSI versus DoD (TCP/IP).....	5
4- LE MODÈLE TCP/IP.....	7
4-1 Trame Ethernet.....	8
4-2 Le protocole IPV4.....	10
L'adressage des machines du réseau.....	10
Une adresse particulière.....	11
Le routage.....	11
Le paquet IPV4.....	13
Protocoles de routage.....	13
Fragmentation des paquets IP.....	14
Les adresses IPV6.....	14
4-3 Les protocoles de transport.....	14
4-4 Encapsulation.....	16
4-5 Pour Résumer.....	17
4-6 Le protocole HTTP.....	17
4-5 Le protocole HTTPS.....	18
5- Les langages utilisés.....	18
6- Le service DNS.....	18
7- Ressources.....	19

1- HISTORIQUE D'INTERNET

https://www.youtube.com/watch?v=GTP4vDeIF_g&feature=youtu.be

Pour résumer :

1962 : l'US Air Force demande à un petit groupe de chercheurs de créer un réseau de communication militaire capable de résister à une attaque nucléaire. Le concept de ce réseau reposait sur **un système décentralisé, permettant au réseau de fonctionner malgré la destruction d'une ou plusieurs machines.**

1969 : Le réseau expérimental **ARPANET** fut créé par l'ARPA (*Advanced Research Projects Agency* dépendant du *DoD, Department of Defense*) afin de relier quatre instituts universitaires :

- Le Stanford Institute ;
- L'université de Californie à Los Angeles ;
- L'université de Californie à Santa Barbara ;
- L'université d'Utah.

1971 : le premier **email** sera conçu et envoyé par un ingénieur américain, **Ray Tomlinson**.

15 ans après son lancement, le réseau ARPANET s'éteint peu à peu, son protocole est alors jugé trop peu fiable.

1983 : trois ingénieurs informatiques, **Pouzin, Cerf et Kahn**, créent un nouveau protocole informatique plus fiable et plus facile à mettre en œuvre pour différents réseaux. Ce nouveau protocole permet alors d'assurer le contrôle des paquets de données circulant sur le réseau et de déterminer la localisation des ordinateurs sur ce même réseau. Les **protocoles TCP/IP** étaient nés.

1989 : **Tim Berners-Lee**, un chercheur du CERN, écrit un rapport sur un projet de système informatique qui permettrait de faciliter le partage des documents entre les différents centres du CERN. Pour développer ce système, le **WorldWideWeb**, plusieurs éléments seront mis au point :

- Un protocole informatique : le HTTP
- Un langage de programmation : le HTML
- Un logiciel : le WorldWideWeb

1991 : Naissance du Web

Depuis les innovations se sont succédées. Voici quelques dates :

1993 : Premier navigateur web grand public, Mosaïc (seulement 200 sites web sont alors présents sur Internet)

2014 : le milliard de sites dépassés

2019 : plus de 4 milliards d'utilisateurs

2- GÉNÉRALITÉS

Un réseau informatique est un ensemble de noeuds (équipements informatiques : ordinateur, routeurs ...) relié entre-eux par des liens de différentes natures (câble de cuivre, onde radio, fibre optique, satellite) dont l'objectif est d'échanger de l'information.

Un réseau permet :

- Le partage de fichiers, d'applications entre machines ;
- La communication entre personnes ou processus ;
- La garantie de l'unicité de l'information (bases de données)
- Le partage de certaines ressources matérielles (imprimante, graveur...)
- L'identification de l'utilisateur ;
- ...

Pour raccorder un équipement au réseau, celui-ci doit posséder **une interface**. Pour établir, maintenir et clôturer une communication, il faut décider des règles. L'ensemble de ces règles se nomme **un protocole**.

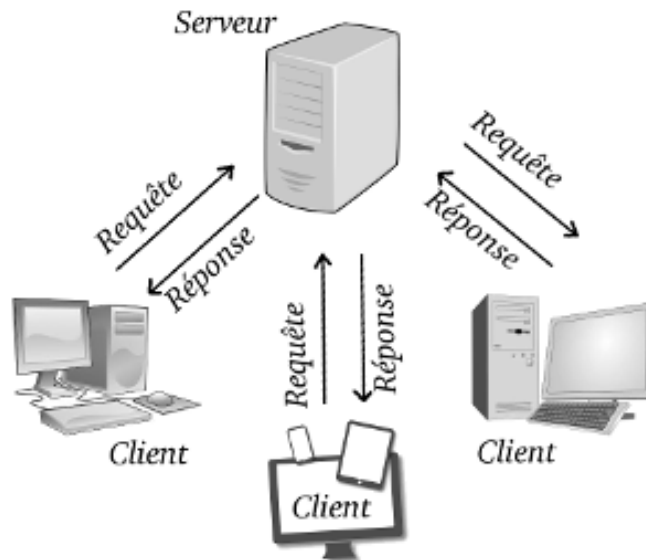
Un service (réseau) est une application capable de proposer des fonctionnalités en réseau. Un service Web fournit aux navigateurs, les ressources qu'ils demandent (pages Web au format HTML).

Un serveur est un dispositif matériel et logiciel (on utilise le même mot pour désigner la machine et l'application) exécutant **un service**.

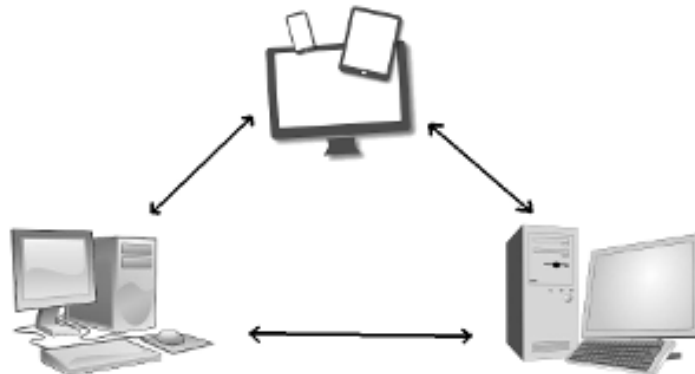
Exemple : APACHE est un serveur Web utilisant le protocole HTTP qui s'exécute sur un serveur matériel. De manière analogue, **un client** est à la fois le navigateur MOZILLA et la machine sur laquelle il s'exécute.

Le **modèle client-serveur** est l'architecture que l'on retrouve le plus souvent sur Internet. Dans ce modèle, le serveur propose un service. Il est en attente permanente de connexion (**requête**). Les clients se connectent à tout moment et sont traités de manière individuelle.

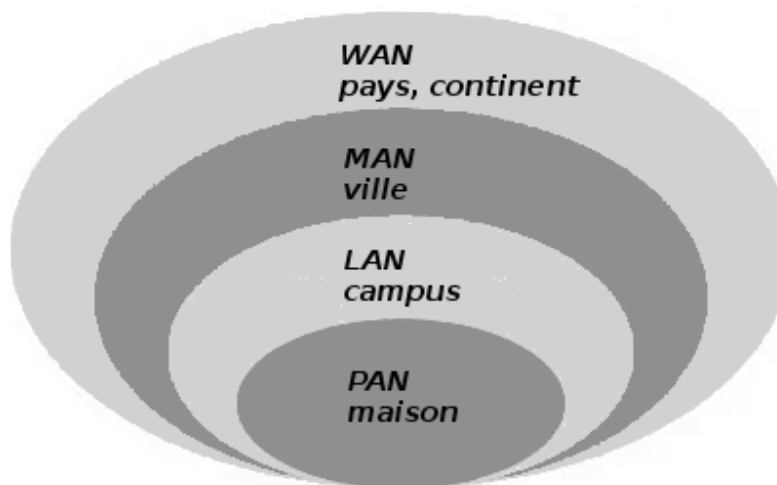
Remarque : Il est à noter que quelle que soit la technologie utilisée, (réseau filaire, sans fil WIFI , réseau mobile ...) la connexion du point de vue de l'utilisateur, s'effectue de la même manière : on saisit dans la barre d'adresse du navigateur l' URL du site souhaité que l'on utilise un micro-ordinateur, une smartphone, une tablette.



Ce modèle est à opposer à l'architecture pair à pair (peer to peer) où le client joue les 2 rôles client et serveur.

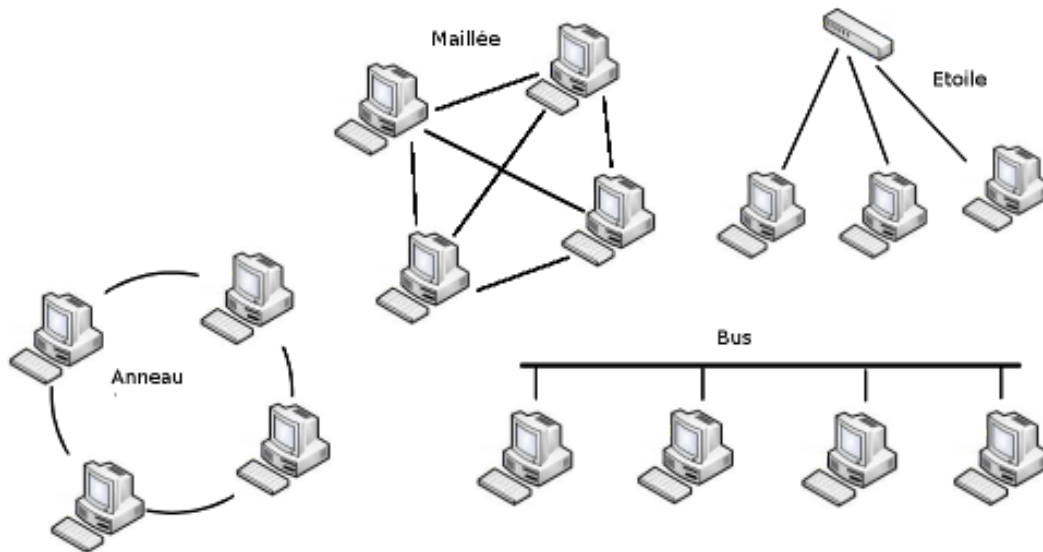


Les réseaux se différencient selon leur taille :



PAN (Personnal Area Network), LAN (Local Area Network), MAN (Metropolitan Area Network), Wan (Wide Area Network),

Mais aussi selon leur topologie :



De nombreux moyens existent pour réaliser les connexions : câble, fibre optique, WiFi, Bluetooth

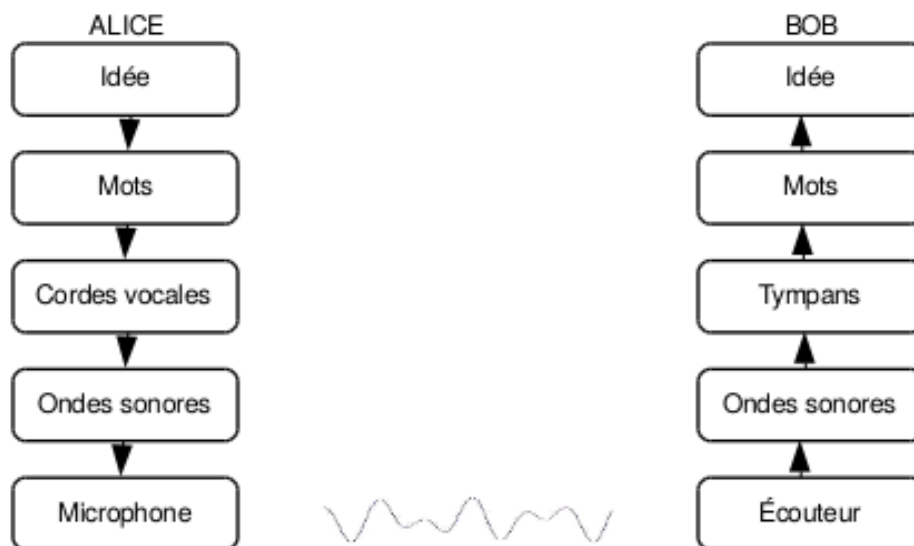
3- LE MODÈLE OSI versus DoD (TCP/IP)

OSI : Open systems Interconnection

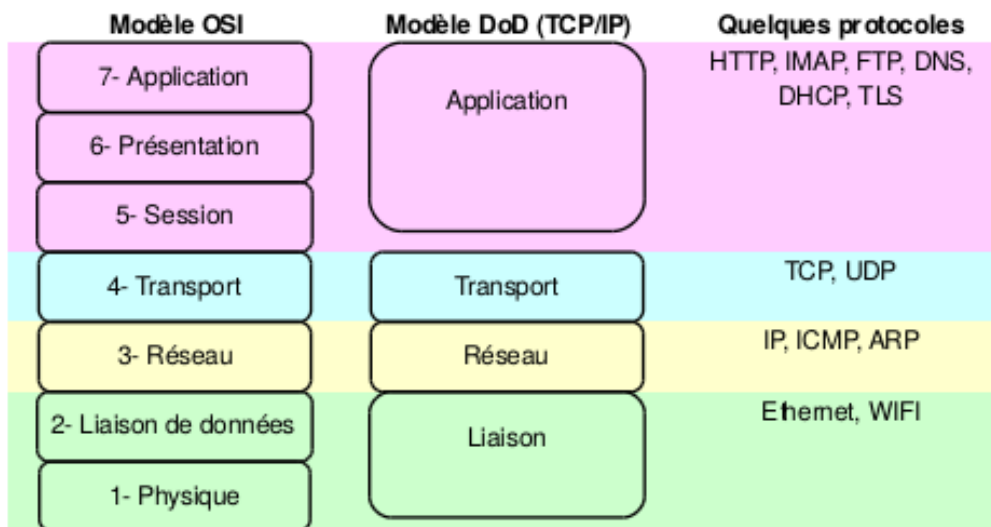
DoD : Voir historique

TCP/IP : Transmission control Protocol/ Internet Protocol

L'analyse d'une communication téléphonique entre 2 personnes (Alice et Bob) peut être décomposée comme sur la figure ci-dessous, où Alice parle à Bob (Le cheminement est le même lorsque Bob répond à Alice).



Le problème global est divisé en sous-problème. Chaque élément de la chaîne réalise une fonction utilisée par la fonction supérieure. Les fonctions s'empilant, on va parler de **couches**.



Dans le modèle OSI (1984), chaque couche est indépendante et possède un rôle bien défini. Le modèle définit entre-autres, la quantité d'information que la couche est capable de transmettre d'un seul bloc (PDU : Protocol Data Unit). On parle de :

- Donnée pour les couches 5, 6 et 7
- Segment pour TCP, datagramme pour UDP en ce qui concerne la couche **transport**
- Paquet pour la couche **réseau**
- Trame pour la couche **liaison**
- Bit pour la couche **physique**

Remarques :

Le modèle OSI peut être considéré comme une approche théorique aux réseaux dans l'esprit du développement d'un nouveau protocole d'une couche. On observe sur l'historique, que le réseau Internet est bien antérieur à la définition du modèle OSI.

À la manière d'Alice et Bob qui discutent entre-eux, ce sont les applications qui veulent dialoguer : navigateur Web / serveur Web par exemple.

Les protocoles sont standardisés par une organisation mondiale à but non lucratif : IETF (Internet Engineering Task Force)

On notera au passage 2 autres organismes qui standardisent Internet :

- W3C : organisme de standardisation des normes sur internet, notamment au niveau des langages
- ICANN - IANA : organisme qui distribue les adresses IP notamment (RIPE-NCC pour l'Europe)

4- LE MODÈLE TCP/IP

Sur un **réseau local**, on va s'intéresser aux couches physiques et liaison de données du modèle OSI. L'appellation "**réseau local**" désignant des machines connectées entre-elles par la **même technologie** (réseau WIFI ou Ethernet.)

Sur un tel réseau, chaque carte d'interface réseau (Network interface card : **NIC**) est identifiée par une **adresse physique** constituée de 6 octets dite adresse **MAC** (Medium Access Control).

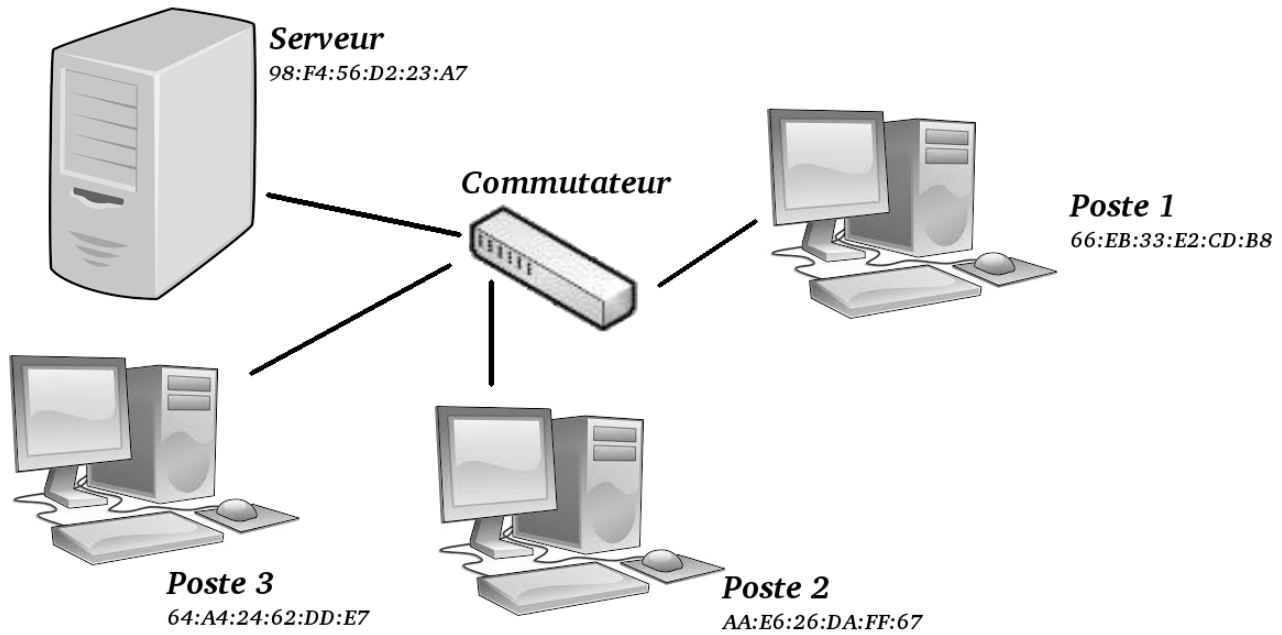
Par exemple : **08-00-14-57-69-69**. Cette adresse identifie le **constructeur de l'équipement** et l'équipement lui-même de manière unique.



Exemple de réseau local de type Ethernet

Depuis 1989, un commutateur (switch) établit la connexion entre les machines : c'est l'Ethernet commuté. Celui-ci recherche et mémorise l'adresse MAC des machines qui sont connectées sur ses ports. La trame sera diffusée uniquement au bon destinataire.



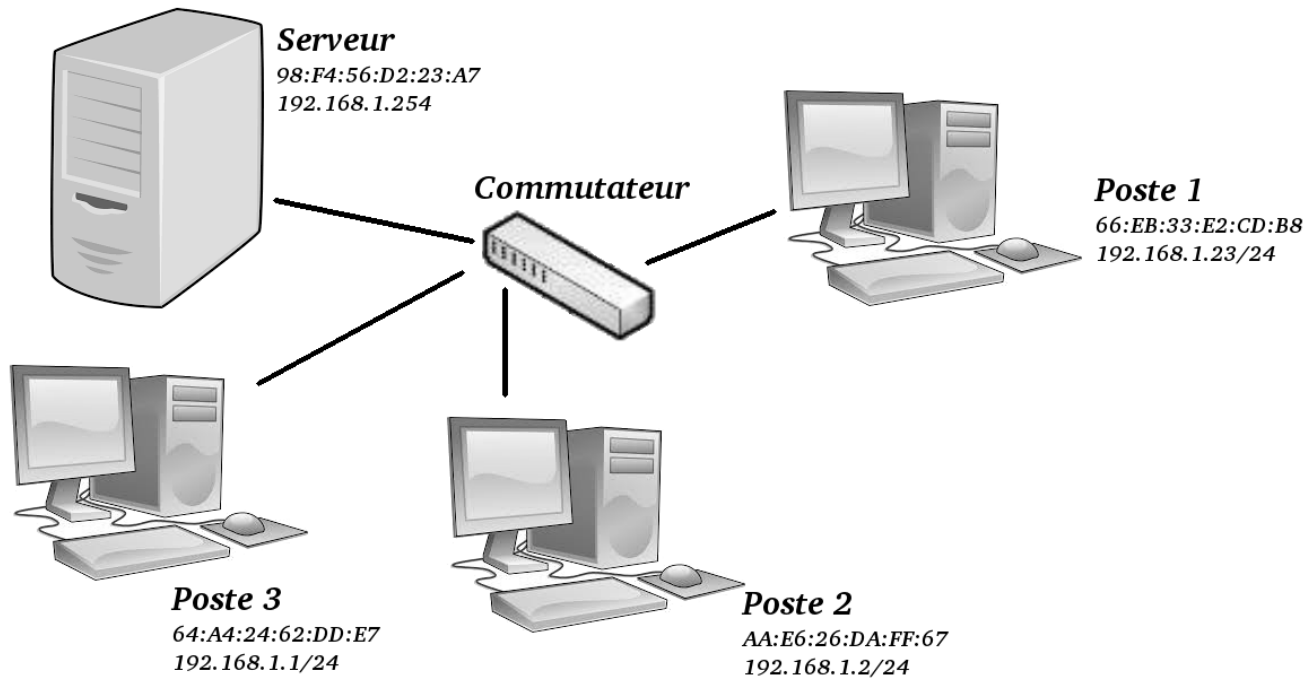


4-1 Trame Ethernet

Préambule	Adresse MAC destination	Adresse MAC source	Type	Données utiles	FCS
8 octets	6 octets	6 octets	2 octets	de 46 à 1500 octets	4 octets

FCS : Frame Check Sequence

Sauf que la couche précédente (couche réseau) utilise le protocole IP qui identifie les machines grâce une adresse IP (logique) de la forme : 192.168.1.23. **Comment faire le lien entre cette adresse logique (IP) et l'adresse physique (MAC) ?** C'est ici qu'intervient le **protocole ARP** (Address Resolution Protocol)



Principe du protocole ARP sur un exemple :

Une application sur le **poste 2** veut faire une requête au **poste 3** du réseau local ci-dessus.

- Le poste 2 va émettre un broadcast (FF:FF:FF:FF:FF:FF), c'est-à-dire qu'il va demander à toutes les machines du réseau qui se nomme 192.168.1.1 ?
- Seule la machine concernée répond en fournissant son adresse MAC.
- Le poste 3 en profite pour compléter une table de correspondance adresses IP-MAC du poste 2.

C'est son cache (ou table) ARP : 192.168.1.2 AA:E6:26:DA:FF:67

- Le poste 2 met à jour sa table de correspondance adresses IP-MAC avec les informations du poste 3.

C'est son cache ARP : 192.168.1.1 64:A4:24:62:DD:E7

- puis connaissant l'adresse MAC du poste 3, complète la trame et lui délivre la requête.

Remarques :

- Le cache ARP des machines est vidé régulièrement.
- Un broadcast ne peut traverser un routeur (il n'y en a pas sur cet exemple).

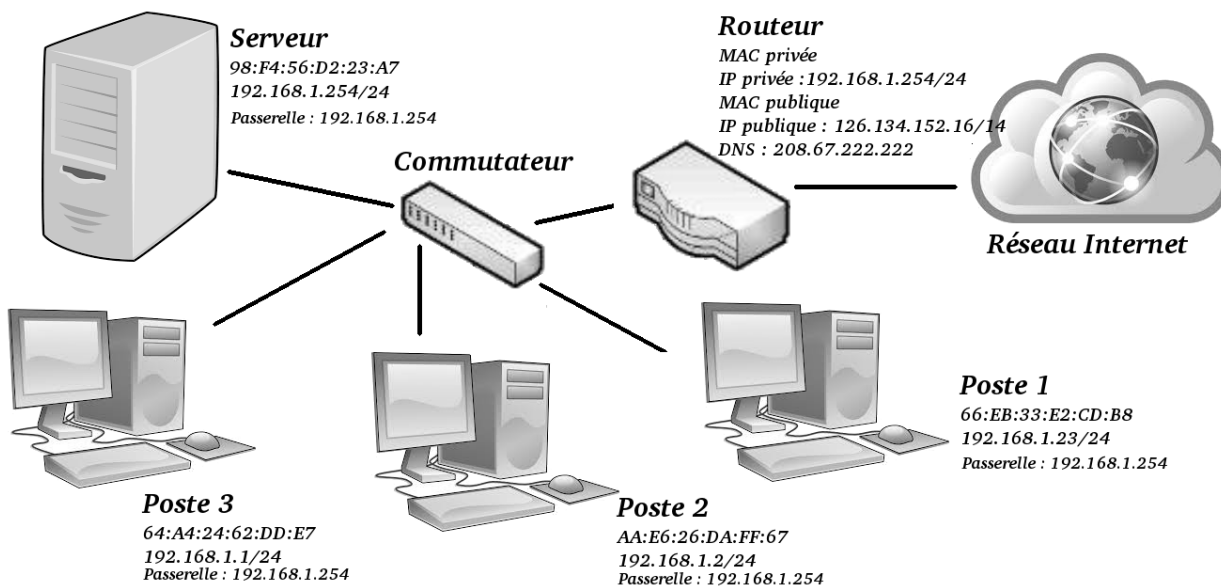
Nous avons résolu la communication sur une même réseau. comment communiquer sur 2 réseaux distincts ? Pour cela, nous avons besoin d'un routeur et d'un adressage IP.



4-2 Le protocole IPV4

L'adressage des machines du réseau

- L'adressage **MAC** en couche 2 permet d'identifier les machines sur un **MÊME RÉSEAU**.
- L'adressage **IP** en couche 3 permet d'adresser les machines sur des **RÉSEAUX DISTINCTS**.
- Chaque interface avec le réseau possède une adresse IP
- Elles sont attribuées soit :
 - manuellement par un administrateur réseau
 - automatiquement par serveur **DHCP** (Dynamic Host Configuration Protocol)
- Les adresses IP sont utilisées dans les entêtes des paquets transmis par le protocole du même nom.
- Il existe des adresses IP publiques (uniques) et privées (non routable sur Internet)
- Elles sont généralement converties en nom de domaine (**service DNS** : Domain Name Service)



L'adresse IP, associée à un masque permet d'identifier le numéro de réseau ou sous-réseau (Net) et le numéro de la machine (Host). Pour la version IPV4, elle se compose de 4 octets en notation décimale. Il en est de même pour le masque.

Exemple d'adressage IPV4 pour une machine :

	Net Id (Identifiant réseau)	Host Id (Identifiant machine)
Adresse IP du poste 1	192.168.1	.23
Masque	255.255.255	.0

On pourra écrire l'adresse réseau : **192.168.1.0/24** car le masque comporte 24 bits à 1 (3 octets) notation CIDR (Classless Inter-Domain Routing)

Avec l'exemple ci-dessus, 2 adresses ne pourront être utilisées :

- 192.168.1.0 : il s'agit de l'adresse du réseau
- 192.168.1.255 : il s'agit de l'adresse de diffusion générale (broadcast)

Ce réseau pourra comporter jusqu'à 254 machines : $2^n - 2$ avec n = nombre de bits à 0, ici 8.

Autrefois, il existait des classes de réseau A, B, C ... L'exemple ci-dessus serait un réseau de classe C. Cette notion a disparu et a fait place à des notions de sous-réseaux (subnetting) et de masque de longueur variable (VSLM) afin de limiter le gaspillage d'adresses IP et d'agréger les routes diminuant ainsi les tables de routage des routeurs.

Une adresse particulière

IP	utilité
127.0.0.1	Localhost Loopback Address

Le routage

Table de routage

Afin de pouvoir router un paquet, il faut que **le routeur** possède une table de routage contenant une série d'informations :

- L'adresse du réseau de destination et son masque.
- L'adresse du prochain saut pour atteindre ce réseau. (Le Next Hop ... le prochain routeur).
- L'adresse de sortie (adresse de l'interface par laquelle le routeur doit envoyer le paquet).

Maintenant que faire si le routeur connaît plusieurs routes vers la destination ? Afin de solutionner ce problème, il faut ajouter deux éléments à la table de routage :

La Distance Administrative : Valeur numérique propre à l'origine de la route (route statique, route connectée, apprise via des protocoles RIP, OSPF, ...). Plus cette valeur est petite, meilleure est la route.

La métrique : Quantifie la qualité de la route. Plus la métrique est petite, meilleure est la route.

Choisir la meilleure route

Le routeur choisira toujours la route la plus précise, celle qui a le masque de sous-réseau le plus grand. Ensuite, si plusieurs routes ont même adresse réseau et même masque, le routeur choisira celle qui a la plus petite distance administrative. Enfin, si il a toujours le choix, c'est la route ayant la plus petite métrique qui l'emportera.

Même réseau au pas ?

Pour déterminer si la machine avec laquelle on veut dialoguer est sur le même réseau, la machine émettrice fait un **ET logique** entre l'adresse IP de la machine recherchée et le masque de réseau. Elle obtient ainsi le numéro du réseau sur lequel se situe cette machine. 2 cas peuvent se produire :

Exemple 1 : Requête du poste 3 vers serveur

	En décimal	En binaire
Adresse IP serveur	192.168.1.254	1100 0000 1010 1000 0000 0001 1111 1110
& (bit à bit)		
Masque	255.255.255.0	1111 1111 1111 1111 1111 1111 0000 0000
Résultat	192.168.1.0	1100 0000 1010 1000 0000 0001 0000 0000

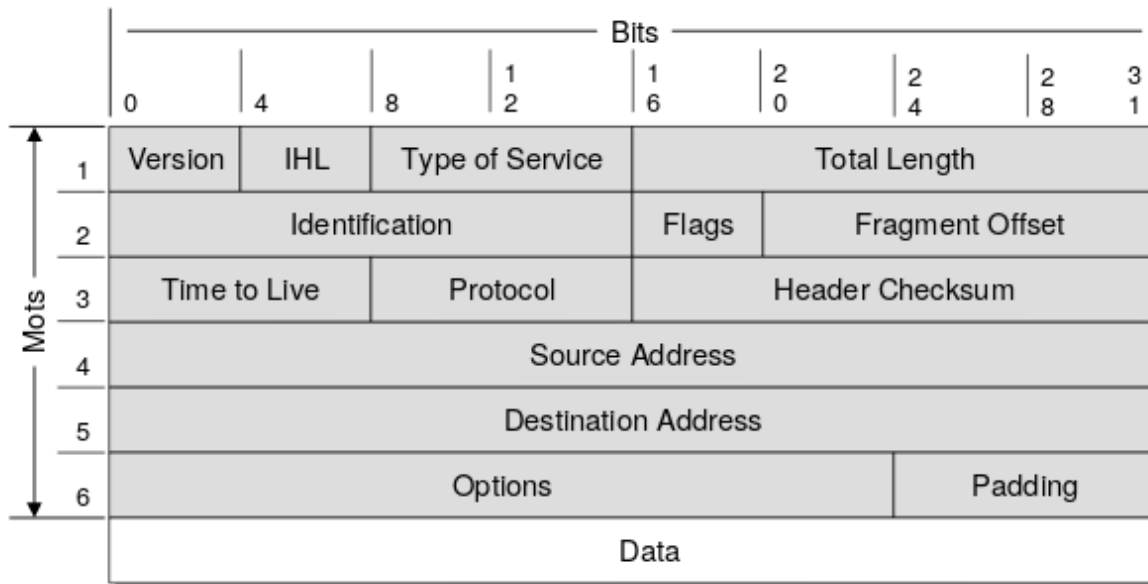
- La machine (1) est sur le même réseau que le serveur : l'information (sous forme de paquets) lui est envoyée.

Exemple 2 : Requête du poste 2 vers une adresse Internet 92.103.233.197

	En décimal	En binaire
Adresse IP recherchée	92.103.233.197	0101 1100 0110 0111 1110 1001 1100 0101
& (bit à bit)		
Masque	255.255.255.0	1111 1111 1111 1111 1111 1111 0000 0000
Résultat	92.103.233.0	0101 1100 0110 0111 1110 1001 0000 0000

- La machine recherchée n'est pas sur le même réseau : les paquets sont envoyés à la passerelle (routeur par défaut).
- le routeur consulte sa table de routage:
 - Le réseau destinataire existe dans la table de routage, le champ TTL est décrémenté de 1. Au cas où le TTL est égal à 0, le paquet est détruit et un paquet ICMP Time Exceeded est envoyé à la station source. Si au contraire le TTL est différent de 0, le paquet est envoyé au prochain Gateway pour le réseau destinataire.
 - Le réseau destinataire n'existe pas dans la table de routage, le routeur voit si sa table de routage propose un chemin par défaut. Le même traitement sur le TTL est appliqué que précédemment et si la valeur du TTL est différente de 0, le paquet est envoyé à la passerelle indiquée. Si, par contre, un Gateway n'est pas proposé, le paquet est détruit et un ICMP Destination Unreachable est envoyé à la machine.

Le paquet IPv4

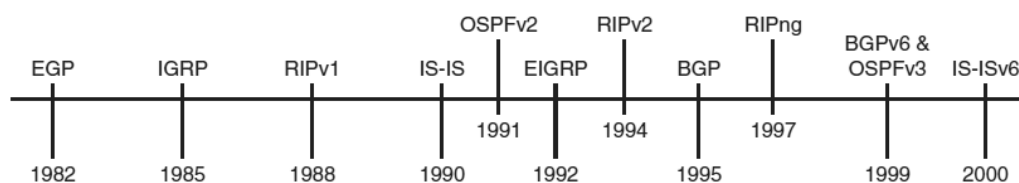


Protocoles de routage

Le rôle principal des protocoles de routage est de:

- Découvrir dynamiquement les routes vers les réseaux d'un inter-réseau et les inscrire dans la table de routage du routeur.
- S'il existe plus d'une route vers un réseau, inscrire la meilleure route dans la table de routage.
- Détecter les routes qui ne sont plus valides et les supprimer de la table de routage.
- Ajouter le plus rapidement possible de nouvelles routes ou remplacer le plus rapidement les routes perdues par la meilleure route actuellement disponible.

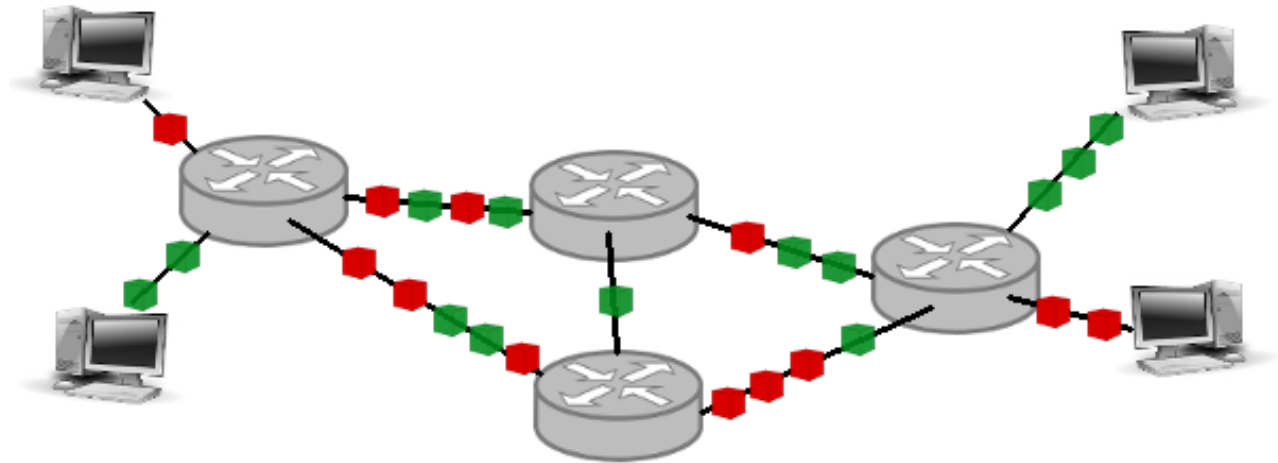
Pour information, voici quelques protocoles de routage :



	Protocoles de routage vecteur de distance		Protocoles de routage à état de lien		Vecteur de chemin
Classful	RIP	IGRP			EGP
Classless	RIPv2	EIGRP	OSPFv2	IS-IS	BGPv4
IPv6	RIPvng	EIGRP for IPv6	OSPFv3	IS-IS for IPv6	MP BGP-4 (IPv6)

Fragmentation des paquets IP

Selon le réseau utilisé, la taille maximale d'une trame est différente. Le protocole IP de part sa capacité à fragmenter et à réassembler les paquets, permet de s'affranchir de cette limitation. En effet, une trame supérieure à la limite imposée par le type de réseau, sera découpée en morceaux (paquets) plus petits, envoyés et réassemblés par le destinataire pour reformer l'information complète. **La taille maximale est appelée MTU** (Maximal Transport Unit).



Les adresses IPv6

Pour un aperçu rapide de la différence entre l'IPv4 et l'IPv6, il suffit de comparer ces deux adresses IP :

- IPv4 : 196.157.73.92
- IPv6 : 2001:0db8:0000:0000:0210:24ff:ac1f:8001

L'IPv4 est codé sur 32 bits et utilise la abse décimale tandis que l'IPv6 utilise des adresses de 128 bits en base hexadécimale.

Une adresse IPv6 comporte exactement 39 caractères, dont 8 blocs de 4 caractères séparés par des points-virgules. Il est cependant possible de réduire cette longueur par la suppression de 0 avant les autres chiffres pour chaque bloc et par la concaténation des valeurs nulles qui se suivent. Ainsi, l'adresse IPv6 suivant :

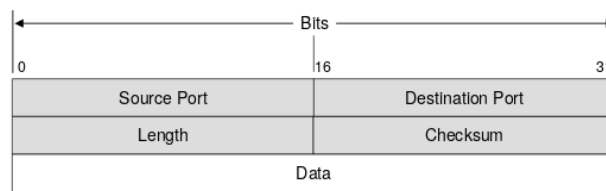
2001:0db8:0000:0000:0210:24ff:ac1f:8001 devient : 2001:db8::210:24ff:ac1f:8001

4-3 Les protocoles de transport

TCP et UDP sont les 2 principaux protocoles de la couche transport. Ces deux protocoles servent à échanger des paquets d'information entre 2 machines en utilisant leur adresse **IP** et un numéro de **port (socket)**.

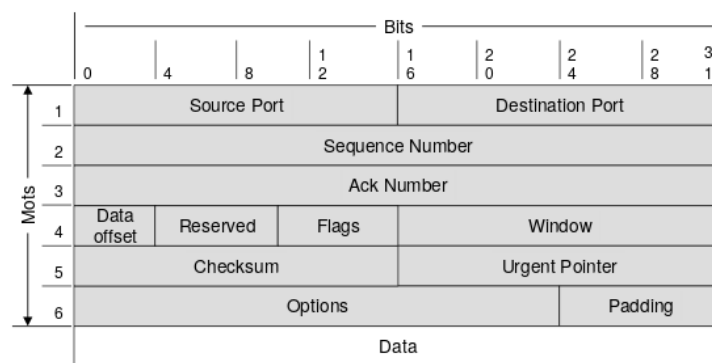
UDP est un protocole orienté "*non connexion*". Lorsqu'une machine A envoie des paquets à destination d'une machine B, ce flux est unidirectionnel. En effet, la transmission des données se fait sans prévenir le destinataire (la machine B), et le destinataire reçoit les données sans effectuer d'accusé de réception vers l'émetteur (la machine A).

UDP est comparable au courrier postal : vous placez le message à envoyer dans une enveloppe qui contient toutes les informations nécessaires au routage : l'adresse IP et le port (i.e. les coordonnées du destinataire), puis vous envoyez l'enveloppe. Le paquet UDP (l'enveloppe) va alors être acheminé à travers internet jusqu'à sa destination.



Contrairement à l'UDP, le **TCP** est orienté "*connexion*". Lorsqu'une machine A envoie des données vers une machine B, la machine B est prévenue de l'arrivée des données, et témoigne de la bonne réception de ces données par un accusé de réception. Si les données reçues sont corrompues (manquantes, en double ...), le protocole TCP permet aux destinataires de demander à l'émetteur de renvoyer les données corrompues.

TCP fonctionne un peu comme le téléphone : il faut d'abord établir une connexion TCP entre les 2 machines, ce qu'on pourrait comparer à composer le numéro de téléphone. Une fois que la communication est établie, les 2 machines peuvent dialoguer de manière bidirectionnelle. Et vous pouvez communiquer de cette manière autant que vous voulez, tant que vous ne fermez pas la connexion TCP (i.e. tant que vous ne raccrochez pas le combiné téléphonique).



4-4 Encapsulation

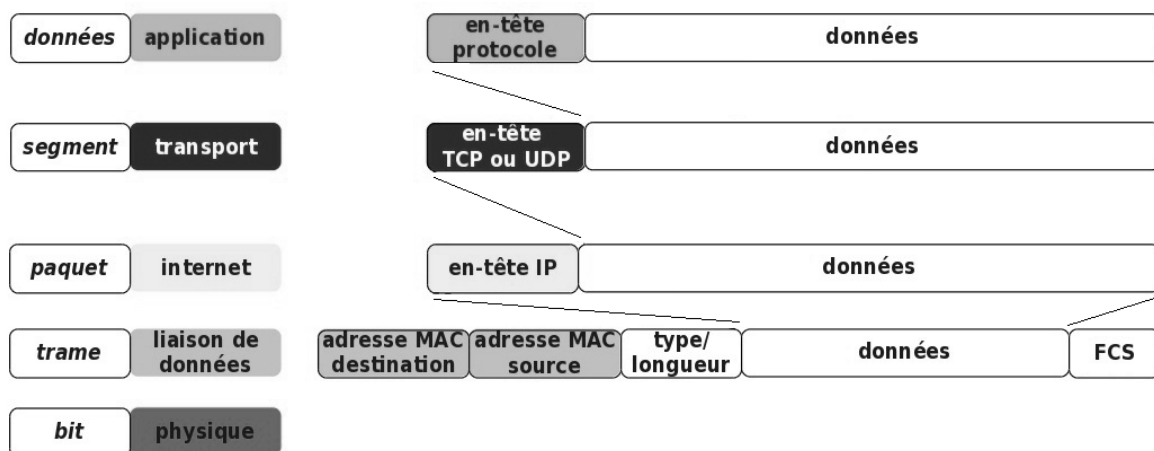
L'encapsulation permet de conserver les informations nécessaires de la couche pour que les équipements intermédiaires et le destinataire puisse traiter correctement le paquet.

Exemple avec l'envoi d'une carte postale:

1. vous **écrivez** un message sur une carte postale
2. vous mettez la carte postale dans une **enveloppe** avec l'**adresse du destinataire**
3. vous donnez la carte postale à la Poste qui se charge de remettre à votre destinataire

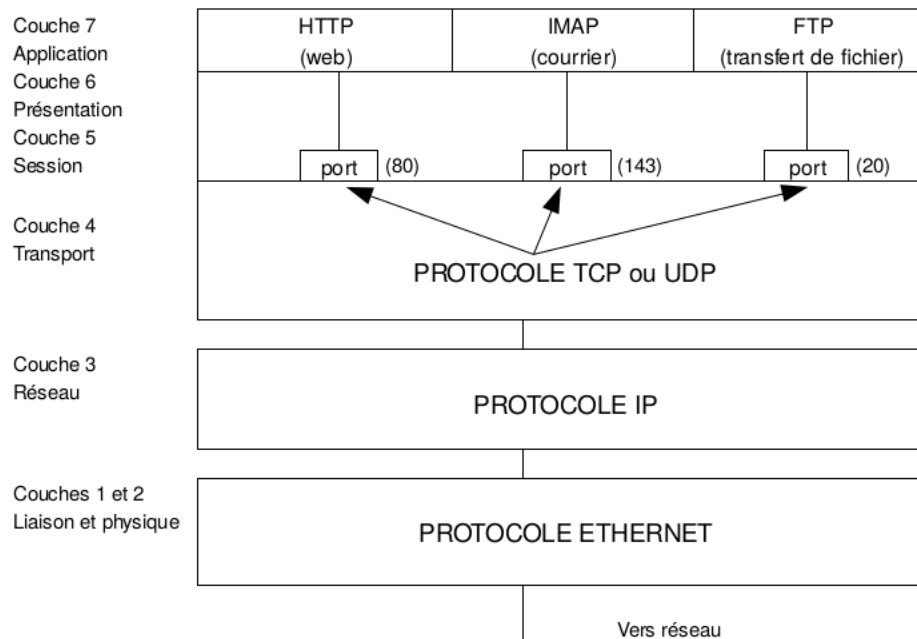
Vous venez d'effectuer une encapsulation: **carte postale mise dans une enveloppe**

En informatique, c'est exactement pareil. Chaque couche **ajoute** ses informations dans « une enveloppe » qu'on appelle **entête (header)**. La Poste représente le réseau qui va acheminer votre message.



4-5 Pour Résumer

Sur un poste de travail, 3 applications communiquent vers l'extérieur par l'intermédiaire du réseau internet :



<https://www.youtube.com/watch?v=dCknqcjltU>

4-6 Le protocole HTTP

HTTP est un protocole de communication permettant à un client web d'interroger un serveur web. Il repose sur un ensemble de requêtes : GET, POST, HEAD... Chacunes permettant une demande particulière.

Exemple de clients HTTP

- Les navigateurs web (Firefox, Chrome, Chromium, Internet Explorer, Safari...)
- Les clients en ligne de commande (wget, curl...)
- Les clients programmés spécifiquement (la plupart des langages de programmation permettent de faire des requêtes HTTP)

Exemple de serveurs HTTP

- Apache
- Nginx
- IIS
- NodeJS
- ...

La **requête GET** est la requête de base en HTTP, elle permet de demander une ressource au serveur. C'est la requête que formule un navigateur web quand on tape une adresse web dans la barre d'adresse ou que l'on clique sur un lien .

Il est possible d'envoyer des données au serveur avec la requête GET, on ajoute pour cela à l'URL demandée des couples clé-valeur en suivant la syntaxe : /adresse/de/la/ressource?

cle1=valeur1&cle2=valeur2....

On préfère en général la **méthode POST** pour envoyer des données ; les couples clé-valeur sont alors envoyés dans le corps de la requête HTTP.

login=moi&password=monsecret

POST /mapage.php

Host: monsite.fr

login=moi&password=monsecret

GET versus POST

- La taille des données envoyées au serveur est limitée avec GET. Les données envoyées sont visibles dans l'URL.
- La taille des données envoyées au serveur n'est pas limitée avec POST. Les données envoyées ne sont pas visibles dans l'URL, elles peuvent être chiffrées en HTTPS.

4-5 Le protocole HTTPS

https://www.youtube.com/watch?v=_6ukY5p6vTY

5- Les langages utilisés

Pour développer :



Programmeur

Utilise comme langages :

HTML (Hypertext Markup Language)

CSS (Cascading Style Sheet)

JS (JavaScript)

PHP (Hypertext pre-processor)

SQL (Structured Query Language)

Dans le but :

D'écrire le contenu du blog ou du site

De mettre en forme le contenu (présentation)

De réaliser du traitement sur le poste client (langage client)

De produire des pages HTML dynamiques via le serveur PHP (langage serveur)

De faire des requêtes à la base de données (ajouter, supprimer, modifier ...)

Avec :

Un éditeur de texte à coloration syntaxique (Notepad++ par exemple)

Un navigateur (Firefox, chrome, safari, IE ...) avec ses outils de développement (Maj+Ctrl+I)

6- Le service DNS

<https://www.youtube.com/watch?v=qzWdzAvfBoo>

<https://le-routeur-wifi.com/comprendre-serveur-dns/>

7- Ressources

Numérique et sciences informatiques spécialité 1re NSI éditions ellipses

<https://openspacecourse.com/>

<http://www.linux-france.org/>

<https://www.ciscomadesimple.be/>

<https://www.cisco.com/>

<https://www.ittsystems.com/>

<https://openspacecourse.com/>

<https://coursreseaux.com/>