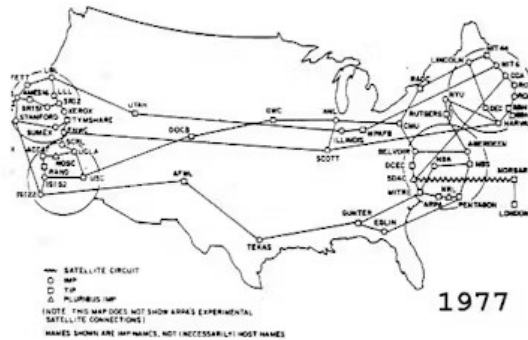
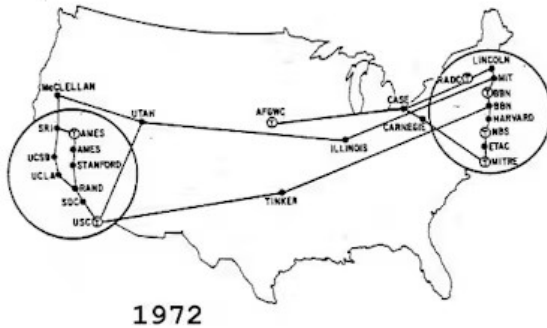
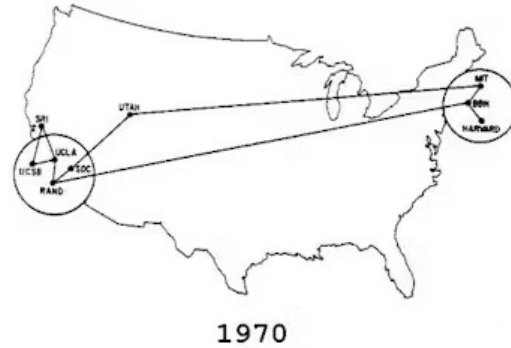
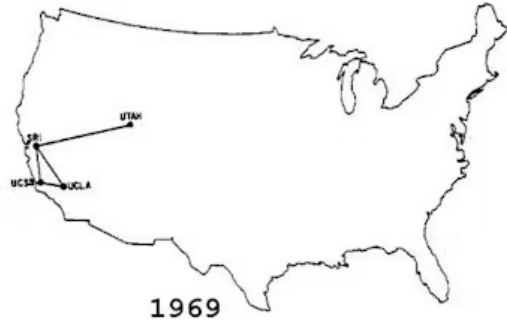


WEB – Internet



ARPANET
vers
INTERNET



Illustrations www.theconversation.com

Ordinateur

1941 : Konrad Zuse construit le Z3, le premier ordinateur programmable fonctionnel, utilisant des relais électromécaniques.

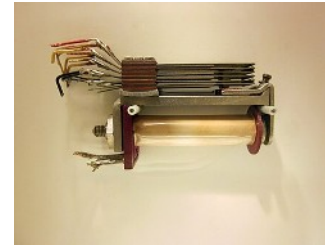
1944 : Howard Aiken développe le Mark I, une des premières grandes machines électromécaniques à être utilisée par l'armée américaine pendant la Seconde Guerre mondiale. Après une erreur de programme sur son successeur Mark II, en ouvrant la machine pour trouver la cause de la panne, ils ont découvert qu'une vraie mite (un insecte) était coincée dans un relais électromécanique. L'équipe a alors retiré la mite et l'a collée dans le journal de bord, notant que c'était le "premier cas de bug découvert".

1946 : L'ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer), considéré comme le premier véritable ordinateur électronique entièrement programmable. Il utilisait environ 17 468 tubes à vide. En moyenne, l'ENIAC connaissait une panne toutes les 48 heures

1950s : L'invention des transistors remplace les tubes à vide, rendant les ordinateurs plus petits, plus rapides et plus fiables. C'est l'ère des premiers ordinateurs commerciaux, comme l'IBM 701.

1971 : Le premier microprocesseur, l'Intel 4004, est lancé. C'est une étape majeure qui conduit à la miniaturisation des ordinateurs.

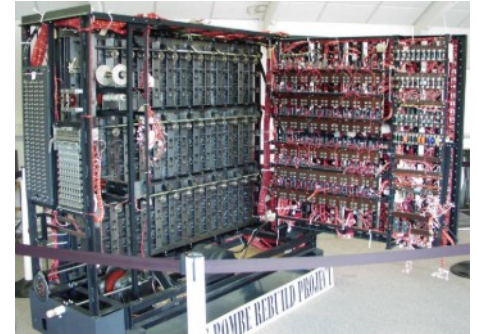
1981 : IBM lance le premier PC IBM, qui popularise les ordinateurs personnels dans les entreprises et les foyers.



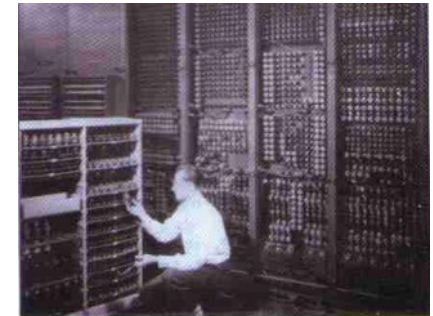
Mémoire
électromagnétique
du Z3, Z5 et Z11



Tube à vide
ou lampe



Bombe de Turing



Un technicien change un tube sur l'Eniac.
US Army Photo.

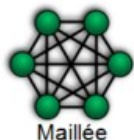
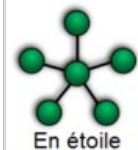
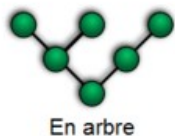
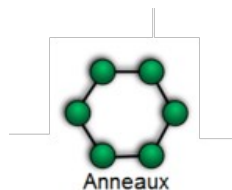
Histoire d'Internet

- 1950s-1960s : Les premières idées d'un réseau informatique sont liées aux besoins militaires et scientifiques des États-Unis pendant la Guerre froide. Les chercheurs cherchaient des moyens de créer des réseaux de communication décentralisés capables de survivre à une attaque nucléaire.
- 1958 Les Laboratoires Bell créent le premier modem permettant de transmettre des données binaires sur une simple ligne téléphonique.
- 1968-1969 : Le concept de commutation de paquets a été mis en œuvre pour la première fois dans ARPANET, qui a été lancé en 1969. La commutation de paquets est devenue la technologie sous-jacente utilisée pour transmettre les données sur ce réseau, et elle reste au cœur de l'Internet moderne.
- 1969 : La DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) finance le projet ARPANET, qui relie quatre institutions (UCLA, Stanford, UC Santa Barbara, et l'Université de l'Utah). ARPANET est souvent considéré comme le précurseur d'Internet. Son objectif initial était de permettre la communication et le partage de ressources entre différents ordinateurs d'universités et de centres de recherche à travers le pays.
- 1973 ARPANET devient international avec la connexion de l'University College London et du Royal Radar Establishment en Norvège.
- 1983 Adoption du protocole TCP/IP et du mot « Internet ».
- 1990 Disparition d'ARPANET (démilitarisé). Remplacé par Internet (civil).

Topologie physique des réseaux

- C'est la manière dont les différents appareils (ordinateurs, serveurs, routeurs, etc.) sont connectés les uns aux autres par des câbles ou d'autres supports de communication.
- Cherche différents moyens physiques (câblage) pour connecter entre eux plusieurs ordinateurs.

Topologie physique des réseaux

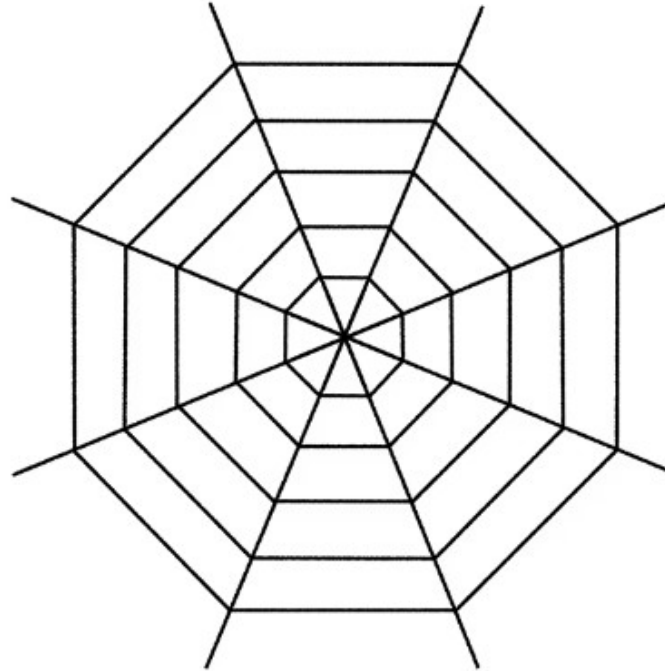
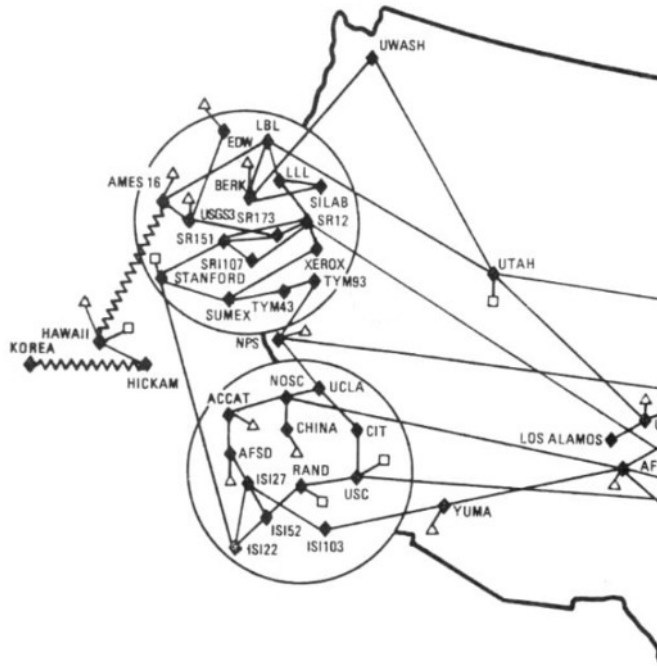


Type de réseau	Avantages	Inconvénients
Linéaire	Facile à mettre en œuvre, peu coûteux	En cas de coupure du câble, tout le réseau est affecté
En Anneau	Utilisation efficace de la bande passante, tous les dispositifs ont le même accès	Si un nœud tombe, le réseau entier peut être impacté
En Étoile	Fiabilité élevée, facile à gérer et à dépanner	Si le nœud central tombe, tout le réseau est hors service
En Arbre	Structure hiérarchique qui facilite l'ajout de nouveaux nœuds	Si le nœud central ou un nœud intermédiaire tombe, une partie du réseau est affectée
Maillée	Très fiable, redondance élevée, résilience aux pannes	Coût élevé et mise en œuvre complexe en raison de la redondance

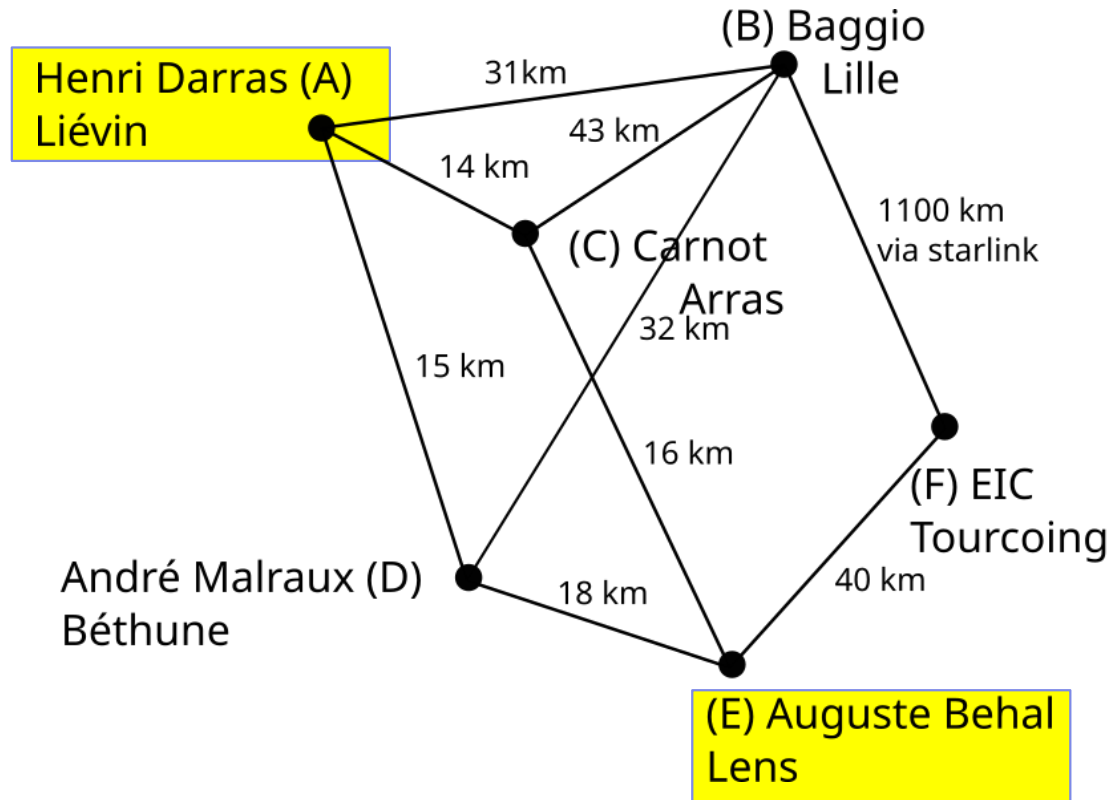
C'est pour ces raisons que le mode réseau maillé (ou mesh network), en forme de toile d'araignée (ou "web" en anglais), a été choisi pour Internet (interconnected networks - réseaux interconnectés).

WEB – Internet : LA TOILE

Illustrations www.lafibrelyonnaise.fr
ARPANET 1984



WEB – Internet : Routage

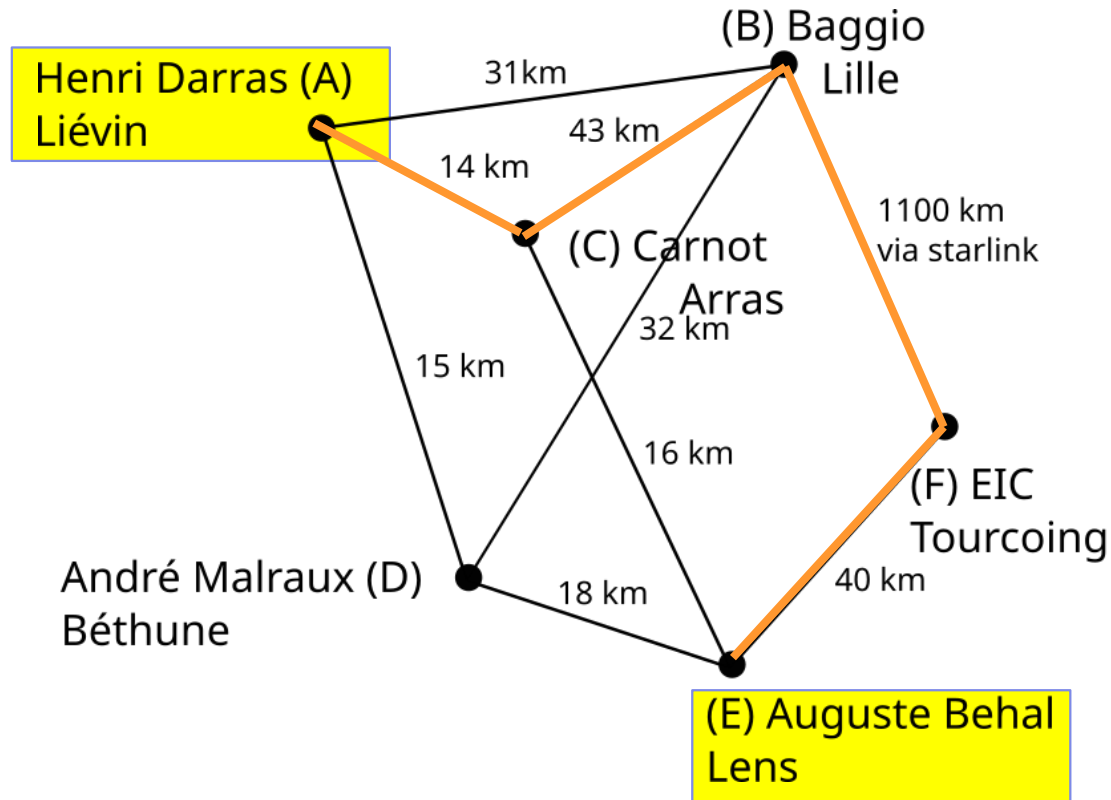


Le lycée Henri Darras (A) de Liévin doit envoyer un message informatique au lycée Auguste Béhal de Lens (E).

Plusieurs routes sont disponibles dans la topologie hybride du réseau, permettant ainsi au message de prendre différents chemins en fonction de la configuration réseau.

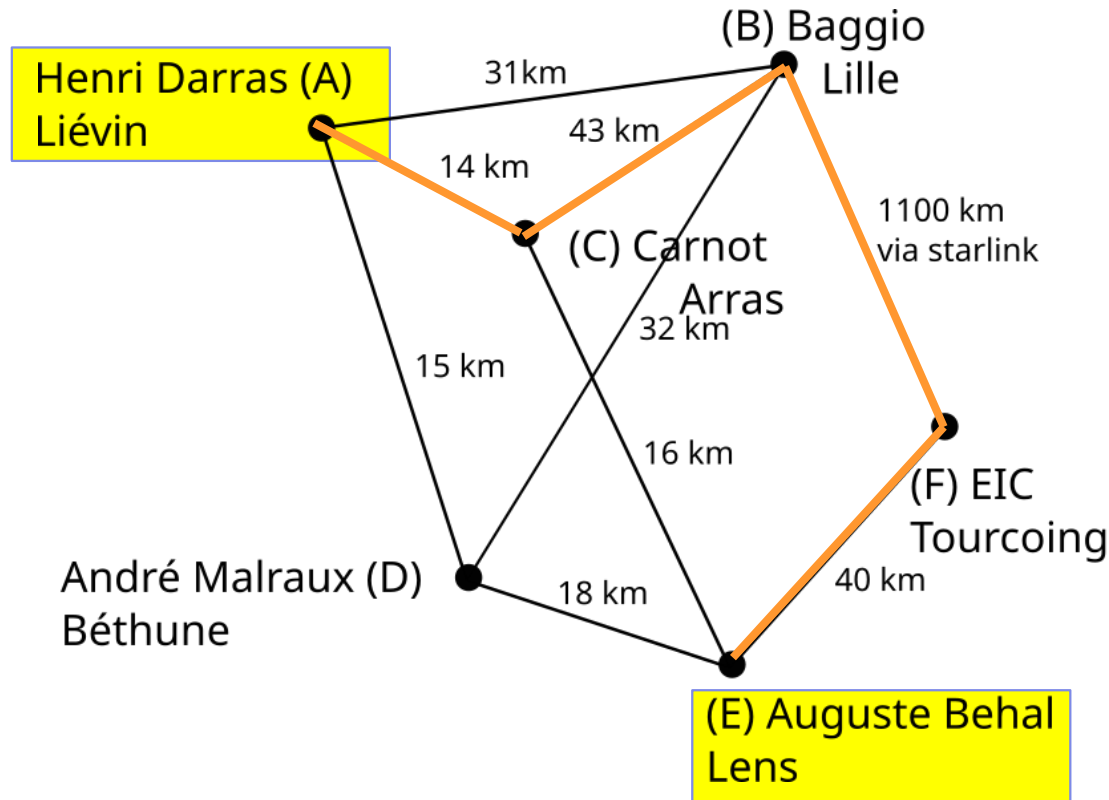
Cette flexibilité améliore la résilience du réseau en cas de panne, garantissant que le message puisse être acheminé même si certaines routes sont temporairement indisponibles.

WEB – Internet : Routage



Dans cette configuration, l'information peut transiter par différents nœuds informatiques pour aller de (A) à (E).

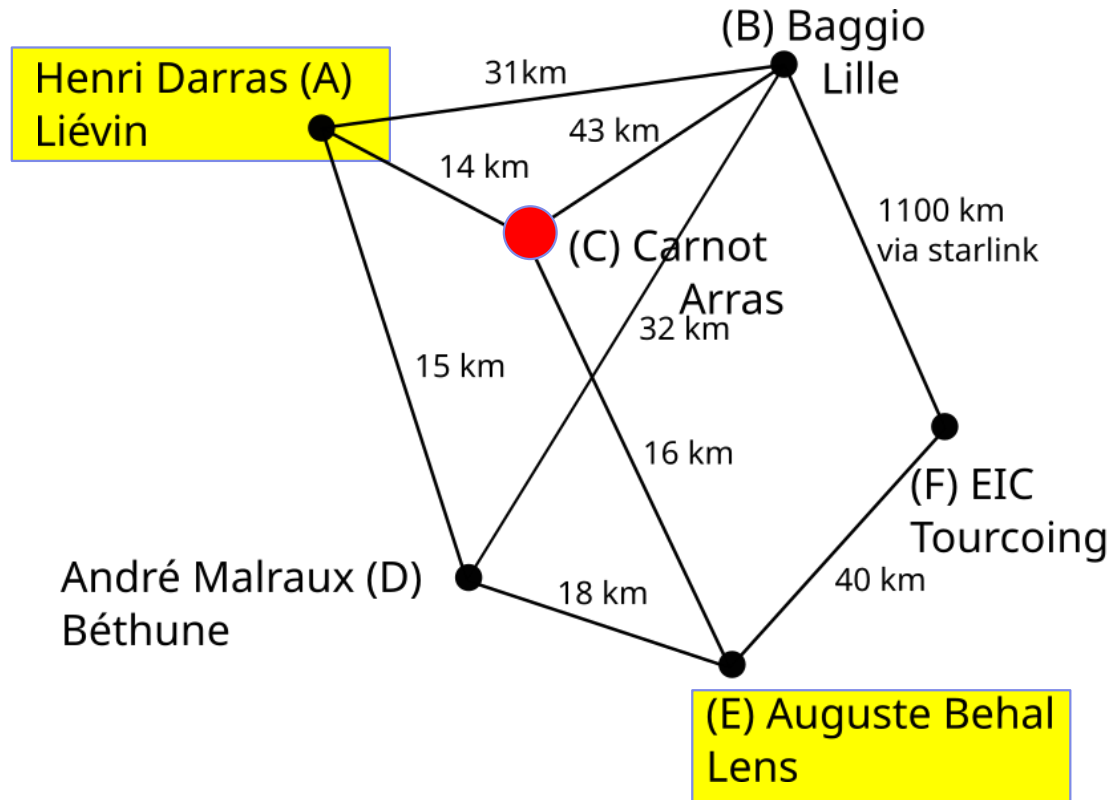
WEB – Internet : Routage



Dans cette configuration, l'information peut transiter par différents nœuds informatiques pour aller de (A) à (E).

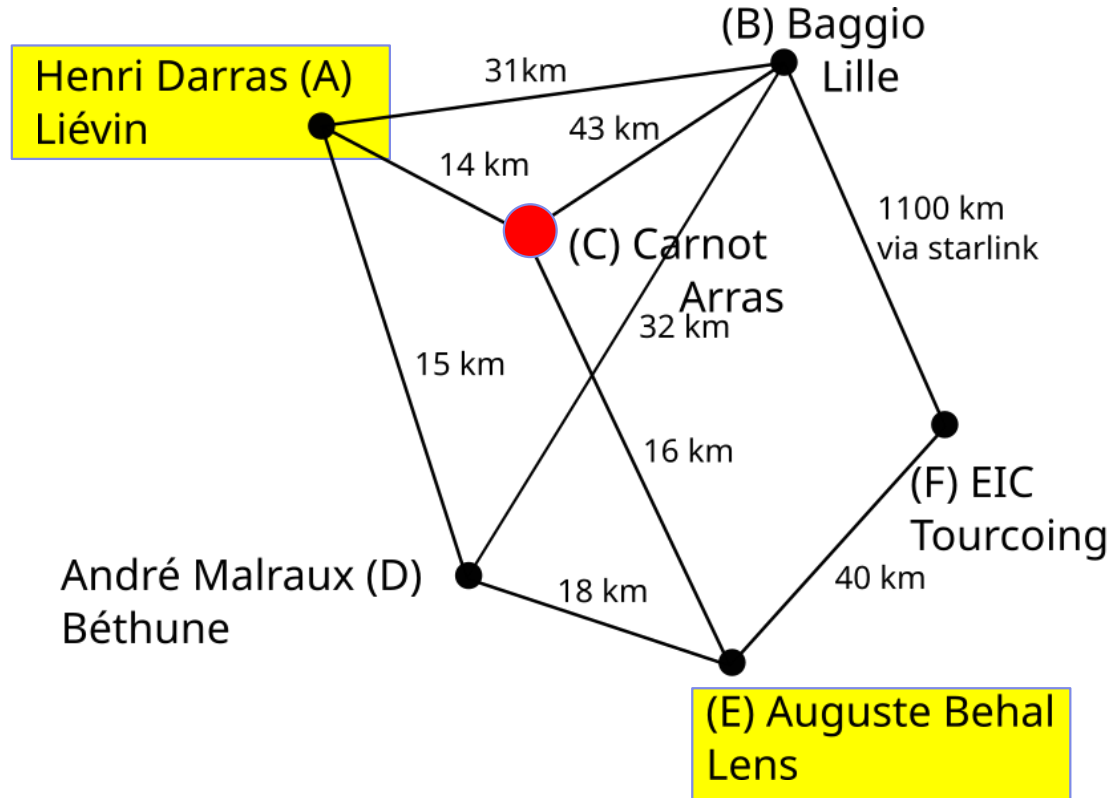
- ADE
- ADBCE
- ADBFE
- ACE
- **ACBFE**
- ABDE
- ABCE
- ABFE

WEB – Internet : Routage



Une panne empêche le fonctionnement du lycée Carnot (C) les chemins possibles du message deviennent :

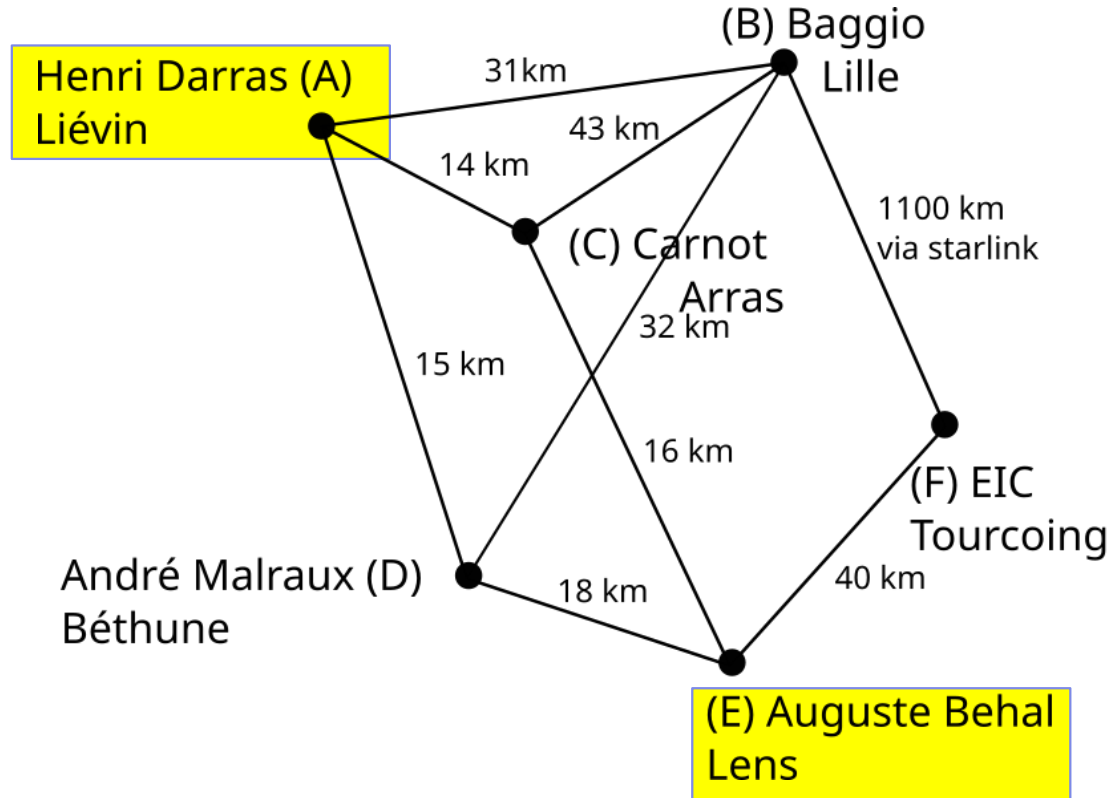
WEB – Internet : Routage



Une panne empêche le fonctionnement du lycée Carnot (C) les chemins possibles du message deviennent :

- ADE
- ADBFE
- ABDE
- ABFE

WEB – Internet : Routage



On calcule la distance que le signal électrique parcourt à travers les différentes routes possibles. :

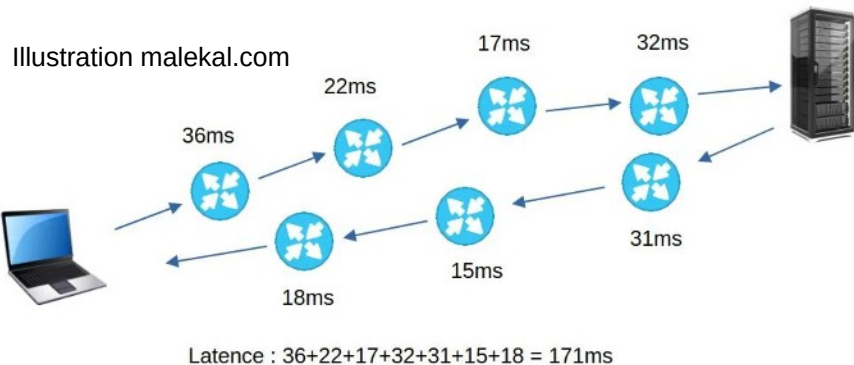
- ADE = 15+18 = 33
- ADBCE = 15 + 32 + 43 + 16 = 106
- ADBFE = 15 + 32 + 1100 + 40 = 1187
- ACE = 14+16=30
- ACBFE = 14+43+1100+40 = **1197**
- ABDE = 31 + 32 + 18 = 81
- ABCE = 31+ 43 +16 = 90
- ABFE = 31 + 1100 + 40 = 1171

La vitesse de propagation d'un signal électrique dans un câble, tel qu'un fil de cuivre ou une fibre optique, est d'environ 200 000 km/s. Cela représente environ 2/3 de la vitesse de la lumière dans le vide. En revanche, pour une onde radio, comme celles utilisées par les satellites Starlink, la vitesse de propagation est proche de celle de la lumière dans le vide, soit environ 300 000 km/s.

$$\text{Optimum : } \frac{30\text{km}}{200\ 000 \frac{\text{km}}{\text{s}}} = 0,00015\text{s} = 0,15\text{ms}$$

$$\text{Plus long : } 87 / 200\ 000 + 1\ 100/300\ 000 = 0,00410\text{s} = 4,10\text{ms}$$

WEB – Internet : Latence



Définition : La latence est le temps nécessaire pour qu'un paquet de données effectue un aller-retour entre deux points dans un réseau.

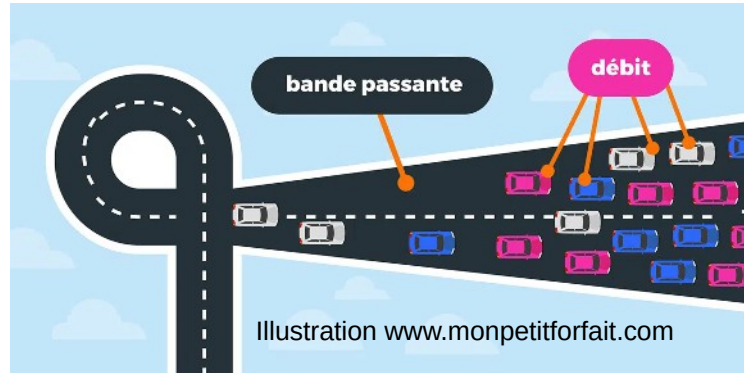
Facteurs influençant la latence :

Distance physique : La distance affecte la latence car le signal prend un certain temps pour se déplacer, même à la vitesse de la lumière dans les câbles en fibre optique ou à travers les ondes radio.

Propriétés du support : Les signaux se propagent à des vitesses différentes selon le support utilisé (fibre optique, câble en cuivre, sans fil, etc.). Par exemple, les signaux dans la fibre optique se déplacent à environ 200 000 km/s, soit environ 2/3 de la vitesse de la lumière dans le vide.

Équipements intermédiaires : Les routeurs, commutateurs et autres dispositifs de réseau peuvent introduire des délais en traitant et en relayant les paquets de données.

WEB – Internet : Bande passante



Bande passante est la quantité maximale de données pouvant être envoyée sur un réseau dans un laps de temps donné. Elle est souvent mesurée en bits par seconde (bps).

Unité de mesure	Valeur en bits par seconde
bps (bit par seconde)	1 bps
Kbps (kilobit par seconde)	1 Kbps = 10^3 bps
Mbps (megabit par seconde)	1 Mbps = 10^6 bps
Gbps (gigabit par seconde)	1 Gbps = 10^9 bps
Tbps (terabit par seconde)	1 Tbps = 10^{12} bps

Type de connexion	Bande passante	Temps pour transférer 8 Go (secondes)
Wi-Fi (802.11n)	300 Mbps	213.33s
Wi-Fi (802.11ac)	1.3 Gbps	49.23s
Ethernet (100 Mbps)	100 Mbps	640.0s
Ethernet (1 Gbps)	1 Gbps	64.0s
Ethernet (10 Gbps)	10 Gbps	6.4s
Liaison marine intercontinentale	20 Tbps	0.0s
Lien entre routeurs internationaux	100 Gbps	0.64s
ADSL (8 Mbps)	8 Mbps	8000.0s
Fibre optique (100 Gbps)	100 Gbps	0.64s
Modem RTC (Dial-up)	56 Kbps	20452.23 min

Octet : conversion Binaire → Décimal

Octet ou Byte : 8 valeurs binaires (en base 2) ou 8 Bits : **B**inary **d**igit (0 ou 1)

Position	7 (bit de poids fort)	6	5	4	3	2	1	0 (bit de poids faible)	Total en Décimal
Puissance de 2	2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0	
Décimal	128	64	32	16	8	4	2	1	
Exemple	0	0	1	0	0	1	0	1	
Calcul	0x128	0x64	1x32	0x16	0x8	1x4	0x2	1x1	1+4+32 =37

Octet : Addition

	0	1	1	0	0	1	¹ 0	1	101
+1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
=	0	1	1	0	¹ 0	¹ 1	1	0	102
+3	0	0	0	0	0	0	1	1	3
=	0	1	1	0	1	0	0	1	105

Octet : Dépassement de capacité

	¹ 1	¹ 1	¹ 1	¹ 1	¹ 1	¹ 1	¹ 1	1	255
+1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
=	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Le dépassement de capacité d'un octet, souvent appelé "overflow" en anglais, survient lorsque la valeur que l'on essaie de stocker dépasse la capacité maximale que peut représenter un octet.

Convertisseur Binaire ↔ Décimal



Pour lancer la calculatrice de Windows en mode programmeur :

Ouvrir la calculatrice :

Appuyez sur la touche Windows+R de votre clavier.

Tapez "calc" et appuyez sur Entrée.

Passer en mode Programmeur :

Une fois la calculatrice ouverte, cliquez sur le menu (les trois lignes horizontales) en haut à gauche de la fenêtre.

Sélectionnez "Programmeur" dans la liste des modes disponibles.

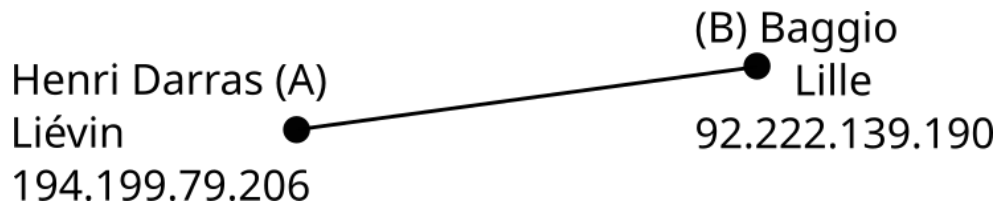
Tableau de conversion

octets/Bytes				Conversion Francais	Conversion Anglais
1	1	2^0	1024^0	1 octet	1 Byte
1 024	1024	2^{10}	1024^1	1 ko	1 kB
1 048 576	1024×1024	2^{20}	1024^2	1 Mo	1 MB
1 073 741 824	$1024 \times 1024 \times 1024$	2^{30}	1024^3	1 Go	1 GB
1 099 511 627 776	$1024 \times 1024 \times 1024 \times 1024$	2^{40}	1024^4	1 To	1 TB

Utiliser 1000 au lieu de 1024 = 2,34 % d'erreur

$$100 \times (1024 - 1000) / 1024 = 2,34$$

WEB – Internet : IPv4



Adresse IP est un identifiant unique attribué à chaque appareil connecté à un réseau informatique

Il est défini dans sa norme V4 sur 4 octets ($4 \times 8 \text{ bits} = 32 \text{ bits}$) donc au maximum $256 \times 256 \times 256 \times 256 = 4\,294\,967\,296$ adresses possibles.

On la représente par un ensemble de 4 chiffres décimaux (000 à 255) séparés par un point.

Certaines adresses sont réservées à des usages spécifiques, comme :

- Les adresses privées (par exemple, les plages d'adresses 192.168.x.x, 10.x.x.x, etc.).
- Les adresses de diffusion (broadcast).
- Les adresses de bouclage (loopback 127.x.x.x).
- Les adresses réservées pour des usages futurs ou des expérimentations.

Par conséquent, le nombre d'adresses IP publiques utilisables est inférieur à 4,3 milliards.

WEB – Internet : IPv4 - adresses IP réservées

Les plages d'adresses IP réservées sont définies par l'IANA (Internet Assigned Numbers Authority) et sont spécifiquement destinées à un usage interne ou privé, comme les réseaux locaux (LAN). Les adresses réservées ne sont pas routables sur Internet et incluent notamment :

Classe A : 10.0.0.0 à 10.255.255.255 (/8)

Classe B : 172.16.0.0 à 172.31.255.255 (/12)

Classe C : 192.168.0.0 à 192.168.255.255 (/16)

Adresse réseau : 192.168.0.0

Première adresse utilisable : 192.168.0.1

Dernière adresse utilisable : 192.168.255.254

Adresse de diffusion : 192.168.255.255

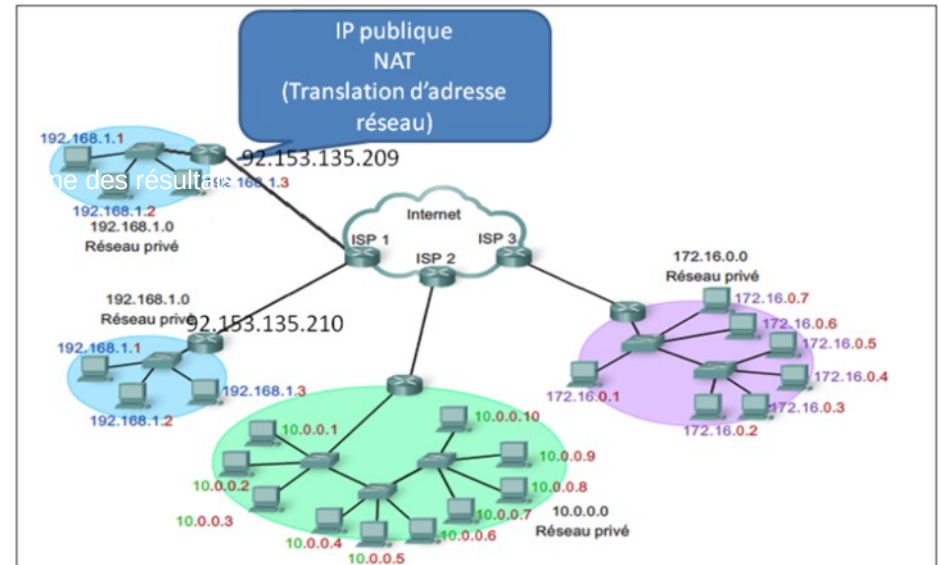


Illustration mathartung

WEB – Internet : IPv4 Saturation

1983 : Adoption du protocole TCP/IP par l'armée

1984 : 1 000 ordinateurs connectés.

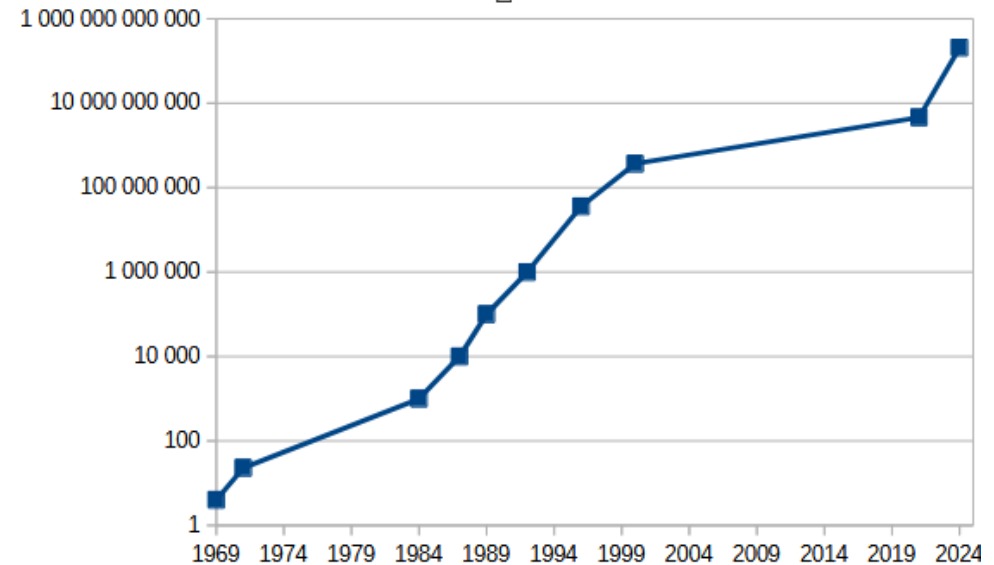
1996 : 36 000 000 ordinateurs connectés.

2000 : 368 540 000 ordinateurs connectés.

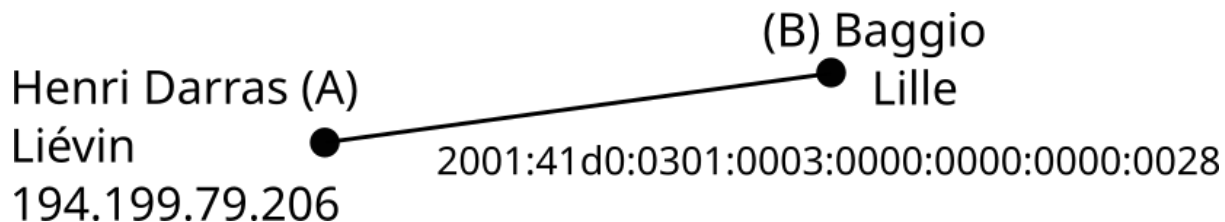
2011 : Saturation IPV4

2021 : 4 600 000 000 ordinateurs connectés.

2024 : plus de 207 milliards



WEB – Internet : IPv6



1998 : Le protocole IPv6 est normalisé

2012 : Lancement mondial d'IPv6

Adresse IP définit dans sa norme V6 sur 16 octets donc 2^{128} adresses possibles.

Ce qui représente environ 340 sextillions d'adresses IP possibles, soit 340 282 366 920 938 463 463 374 607 431 768 211 456 adresses possibles.

Une adresse IPv6 est représentée sous forme de huit groupes de quatre chiffres hexadécimaux, séparés par des deux-points (:).

WEB – Internet : IPv6

Adresse de Liaison Locale (Link-Local)

Les adresses Link-Local sont spécifiquement conçues pour être utilisées sur le même segment réseau, c'est-à-dire pour la communication entre les appareils directement connectés sur un lien (comme un réseau local). Elles sont automatiquement configurées sur chaque interface IPv6 et ne sont pas routées au-delà du lien local.

Format : FE80::/10 (les adresses commencent par FE80)

Plage : FE80:: - FEBF::

Adresse globale (Global Unicast Address) :

Préfixe : Généralement 2000::/3

Utilisation : Ces adresses sont routables sur Internet. Elles sont équivalentes aux adresses publiques en IPv4. Chaque dispositif connecté à Internet reçoit une adresse globale unique pour la communication à l'échelle mondiale.

Adresse temporaire (Temporary Address) :

Préfixe : C'est aussi une adresse globale, donc elle utilise généralement le même préfixe que les adresses globales (comme 2000::/3), mais elle est générée temporairement pour des raisons de confidentialité.

Utilisation : Ces adresses sont utilisées pour masquer l'adresse réelle de l'interface (pour protéger la vie privée de l'utilisateur) lors de la navigation sur Internet. Les systèmes modernes peuvent générer et utiliser automatiquement des adresses temporaires pour éviter que les adresses permanentes ne soient suivies.

WEB – Internet : IP

Hexadécimal, ou **base 16**, est un système de numération qui utilise seize symboles pour représenter des valeurs.

Binaire	1111	1110	1101	1100	1011	1010	1001	1000	0111	0110	0101	0100	0011	0010	0001	0000
Décimale	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Hexadécimale	F	E	D	C	B	A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0

Exemple

Binaire	0100 0001 1101 0000
Décimale	$16848 = (4 \cdot 16 \cdot 16 \cdot 16) + (1 \cdot 16 \cdot 16) + (13 \cdot 16) + 0$
Hexadécimale	41d0

WEB – Internet : DHCP

Un serveur DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) est un service réseau qui attribue automatiquement des adresses IP et d'autres informations de configuration réseau aux appareils connectés à un réseau.

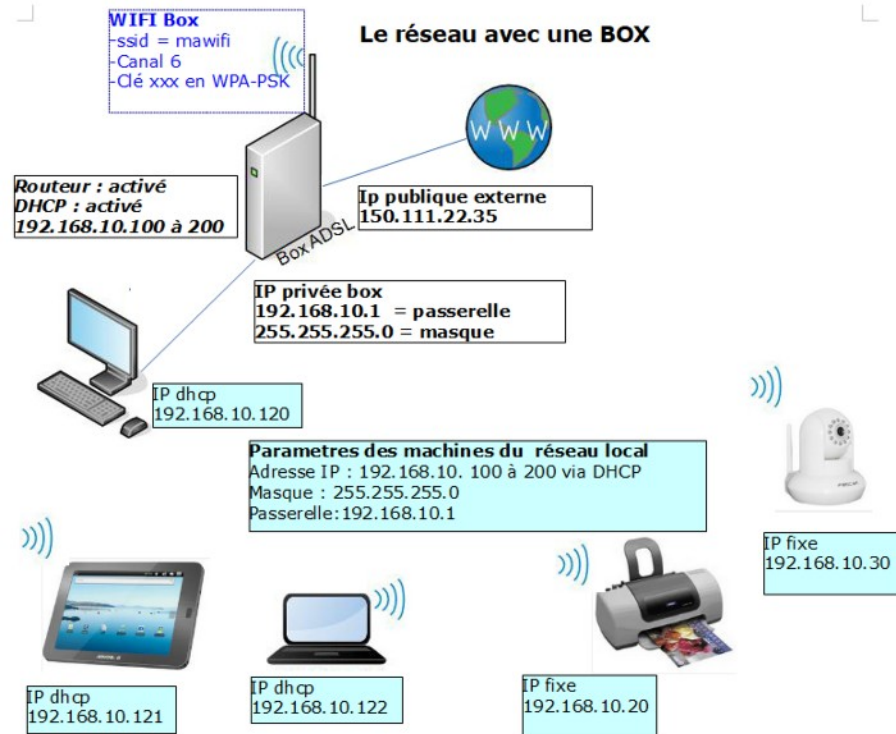


Illustration abcreseau

WEB – Internet : Nom de domaine

Les noms de domaine sont faciles à mémoriser et à comprendre pour les humains.
Par exemple : 142.250.179.67 → www.google.fr

Un nom de domaine peut être associé à différentes adresses IP. Cela permet de changer d'hébergeur ou de serveur sans changer le nom de domaine, garantissant une certaine continuité pour les utilisateurs.

WEB – Internet : Nom de domaine

La structure d'un nom de domaine est organisée de manière hiérarchique, séparée par des points ("."). Chaque partie d'un nom de domaine donne des informations sur l'emplacement et l'organisation du site web sur Internet.

- 1) Domaine de premier niveau (TLD) : C'est la dernière partie du nom de domaine, située à l'extrême droite. Par exemple, dans "www.example.com", le TLD est "com". Il indique le type ou l'origine du site web, comme ".com" pour commercial, ".org" pour les organisations, ".fr" pour la France, etc.
- 2) Domaine de second niveau (SLD) : C'est la partie du nom de domaine qui précède le TLD. Dans "www.example.com", "example" est le SLD. C'est généralement le nom choisi par l'entreprise ou l'individu pour représenter leur site.
- 3) Sous-domaine : C'est la partie optionnelle qui précède le SLD. Le sous-domaine le plus courant est "www", qui signifie "World Wide Web". Cependant, d'autres sous-domaines peuvent être utilisés, comme "blog.example.com" ou "shop.example.com".

Exemple : blog.example.com :

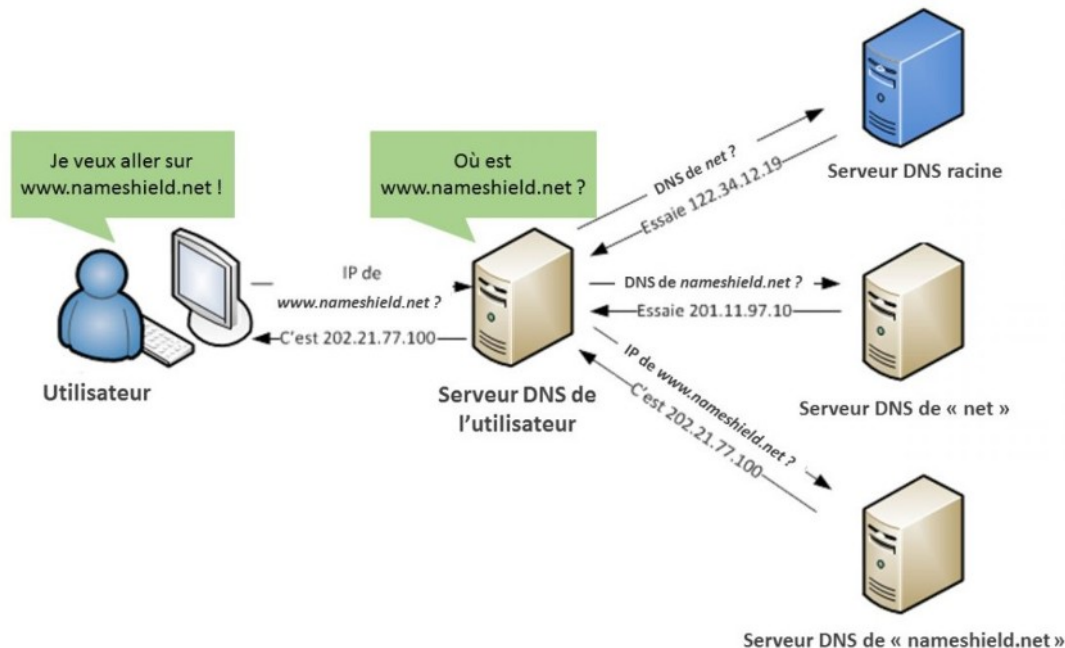
com : C'est le TLD (domaine de premier niveau).

example : C'est le SLD (domaine de second niveau).

blog : C'est un sous-domaine.

WEB – Internet : DNS

Le système DNS (Domain Name System) fonctionne comme un annuaire pour traduire les noms de domaine (google.fr) en adresses IP (142.250.179.67) que les ordinateurs utilisent pour se connecter entre eux.



Serveurs DNS Racine

Ils sont au sommet de la hiérarchie DNS. Leur rôle est de rediriger les requêtes vers les serveurs de domaine de premier niveau (TLD).

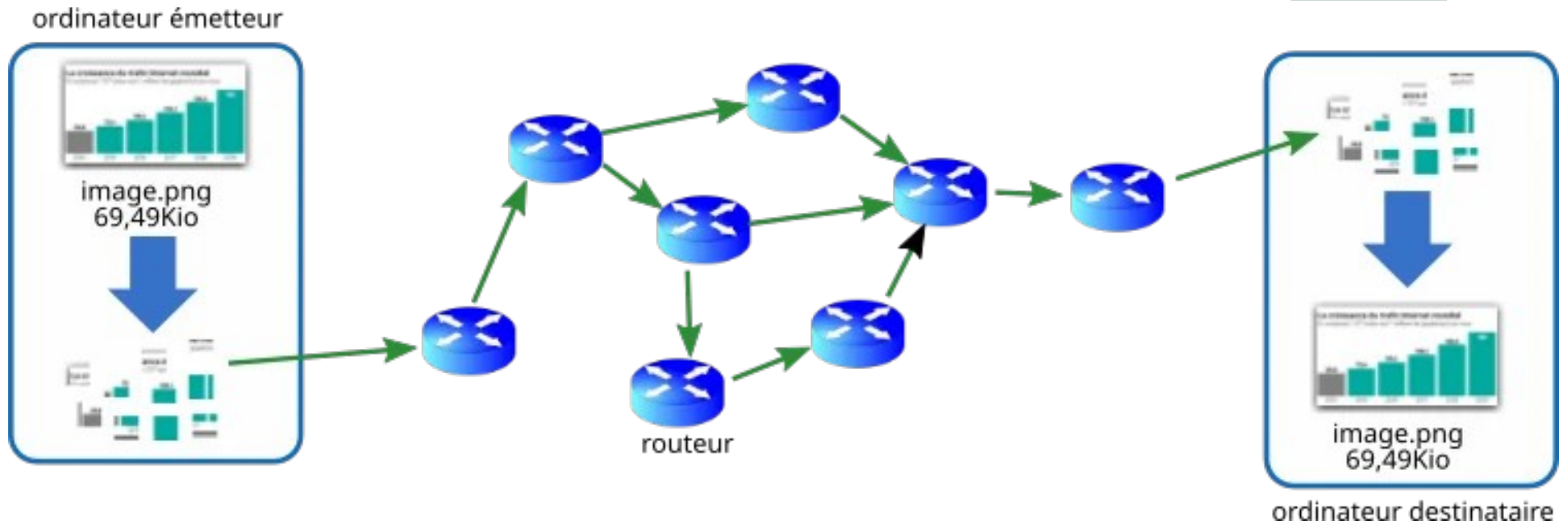
Serveurs DNS de Domaine de Premier Niveau (TLD)

Ils gèrent les domaines de premier niveau comme `.com`, `.org`, `.fr`, etc.

Serveurs DNS Autoritaires

Rôle : Ils détiennent les enregistrements DNS pour le domaine spécifique. C'est ici que se trouve la réponse finale à la requête.

WEB – Internet : TCP - Paquet

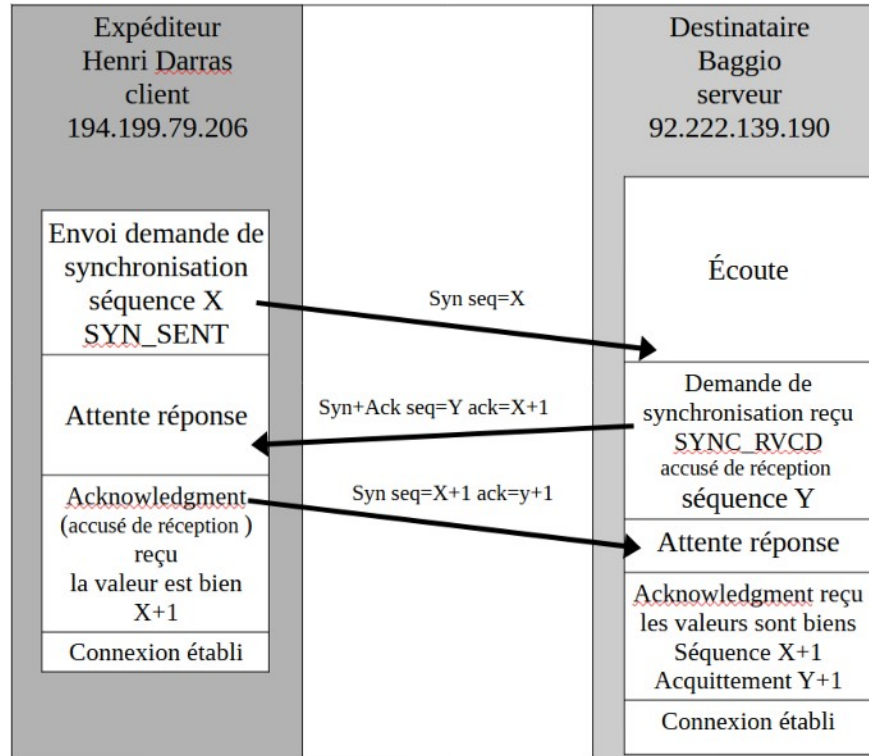


WEB – Internet : TCP - Paquet

La décomposition des données en paquets dans le protocole TCP/IP repose sur plusieurs raisons fondamentales qui permettent de garantir une communication réseau efficace et fiable :

- **Fiabilité et contrôle d'erreurs** : Le protocole TCP (Transmission Control Protocol) assure la fiabilité en découpant les données en petits paquets, puis en vérifiant que chaque paquet est correctement reçu. Si un paquet se perd ou est corrompu, il peut être retransmis sans avoir à renvoyer l'ensemble des données.
- **Efficacité de la transmission** : Les réseaux peuvent être instables ou encombrés. En envoyant des paquets plus petits, il est plus facile de gérer les flux de données sur des chemins différents et d'éviter les goulots d'étranglement.
- **Gestion de la congestion** : Le réseau peut adapter dynamiquement la vitesse de transmission des paquets en fonction de la capacité disponible. Si le réseau est surchargé, la taille des paquets ou la fréquence d'envoi peut être ajustée pour éviter une congestion trop importante.
- **Indépendance du chemin** : Chaque paquet peut emprunter des chemins différents pour atteindre sa destination. Cela permet une meilleure utilisation des ressources du réseau et augmente la résilience en cas de panne ou d'obstacle sur un itinéraire donné.
- **Réassemblage à destination** : Une fois que tous les paquets sont arrivés à destination, ils sont réassemblés dans l'ordre correct pour recréer le message ou les données d'origine. Cela permet une transmission fiable et cohérente même dans des conditions de réseau difficiles.

WEB – Internet : TCP - échange de messages

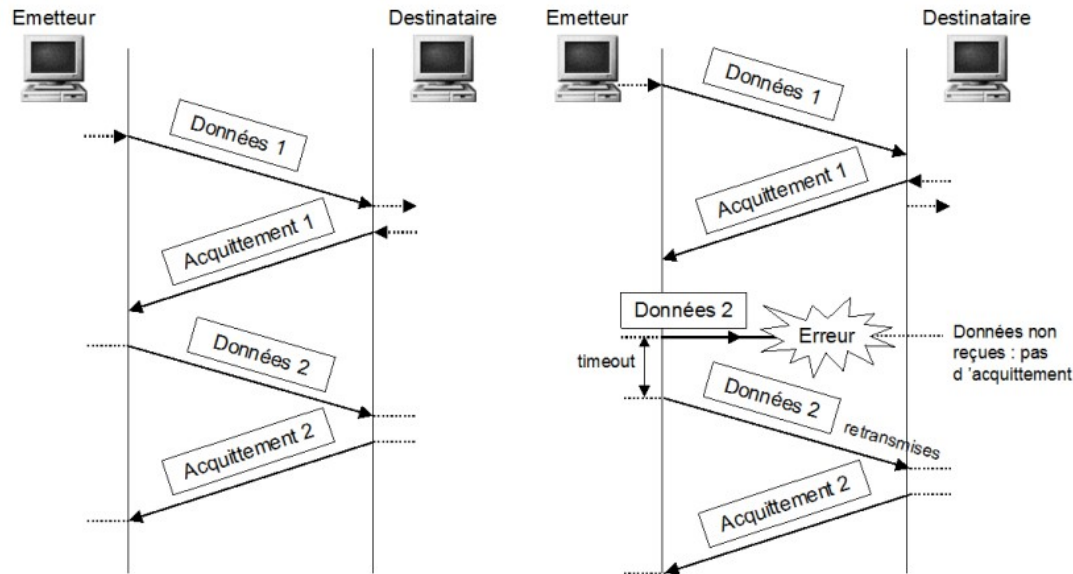


- TCP (Transmission Control Protocol) : C'est un protocole de transmission par paquets ou segments.
- Les données à envoyer sont découpées en segment.
- Une ouverture de communication est établie avec la machine destinataire. Appelé processus de **handshake** (échange de messages)

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
Port Source 2 octets																Port destination 2 octets															
Numéro de séquence																															
Numéro d'acquittement																															
Taille de l'en-tête		Réserve		ECN / NS		CWR		ECE		URG		ACK		PSH		RST		SYN		FIN		Fenêtre									
Somme de contrôle																Pointeur de données urgentes															
Options																								Remplissage							
Source Wikipédia																Données															

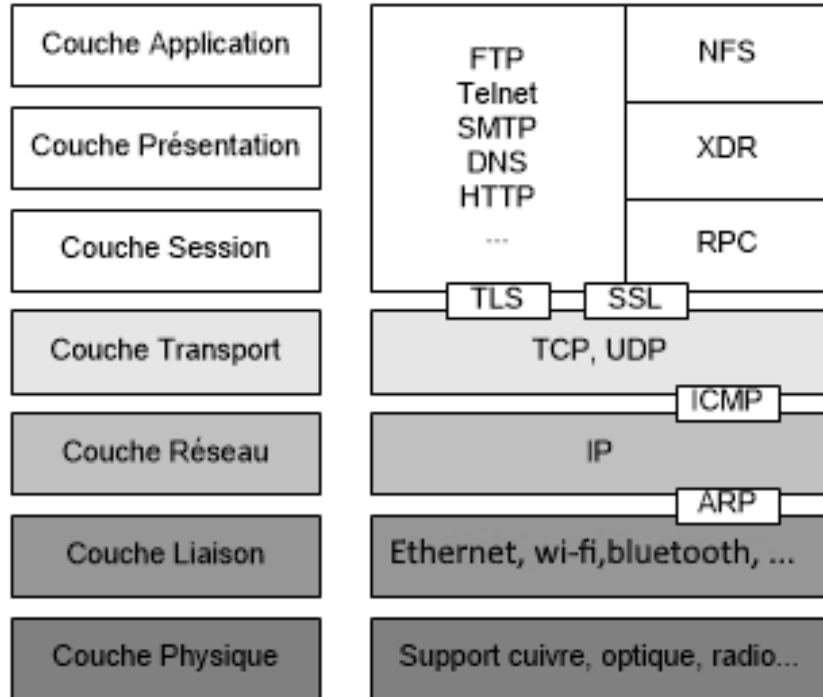
Source Wikipédia

WEB – Internet : TCP - échange de messages



- Le protocole TCP assure une transmission de données fiable avec une détection et une correction d'erreurs.

WEB – Internet : couches TCP/IP



Source Wikipédia

- Couche Physique : Elle définit des aspects comme les connecteurs, les types de câbles, les fréquences, la modulation des signaux, etc

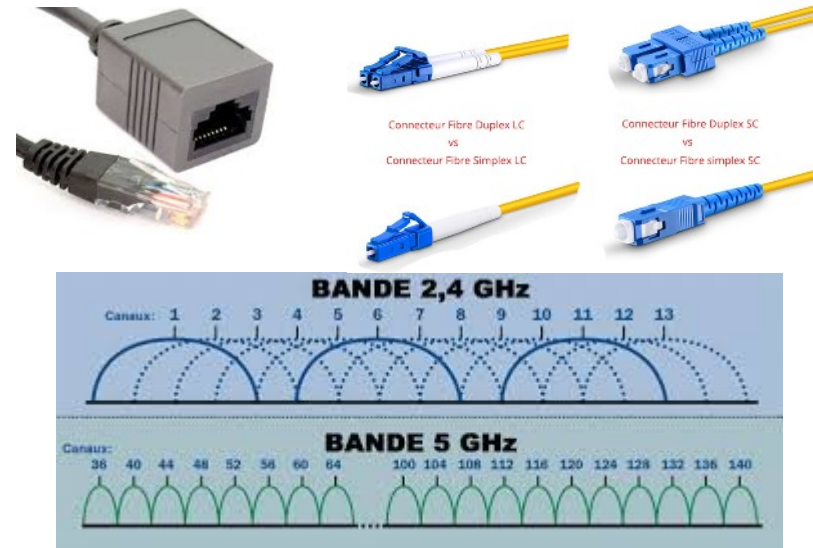
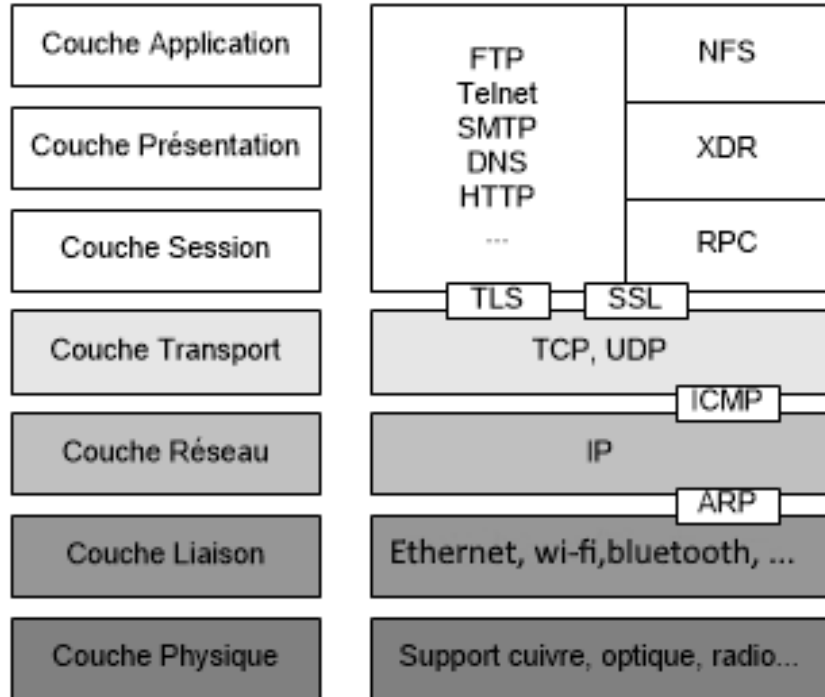


Illustration degrouptest.com

WEB – Internet : couches TCP/IP



ARP (Address Resolution Protocol) : Protocole qui traduit une adresse IP en adresse MAC

L'adresse mac est le nom mondialement unique d'une carte réseau.

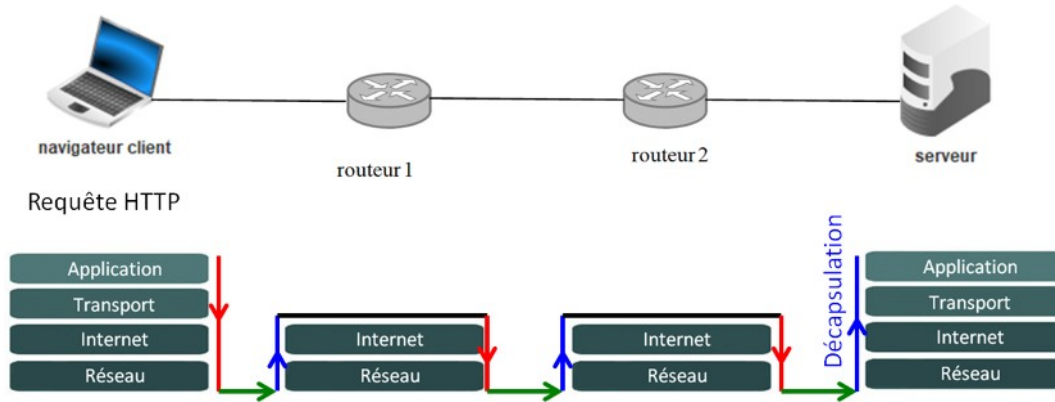
Elle est constituée de 48 bits (6 octets)

Elle est généralement représentée sous la forme hexadécimale en séparant les octets par un double point.

Par exemple 5E:FF:56:A2:AF:15.

Source Wikipédia

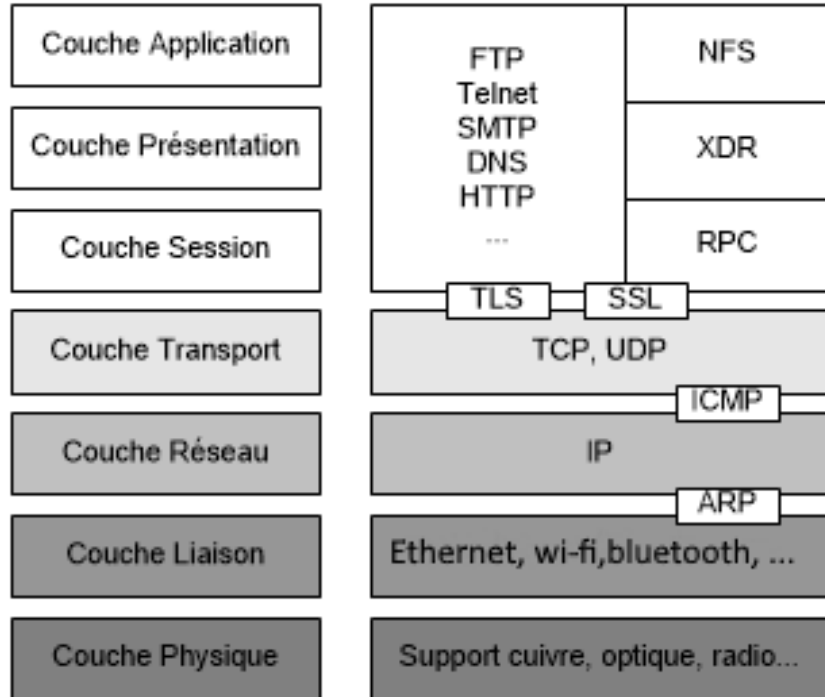
WEB – Internet : Transmission



Source monlyceenumerique.fr

	Adresse MAC émetteur et destinataire	Adresse IP émetteur et destinataire	En-tête Transport	Données découpées
Couche Application				
Couche Transport				
Couche Internet				
Couche d'accès réseau				
Trame empruntant le réseau physique				

WEB – Internet : couches UDP/IP



Le protocole UDP (User Datagram Protocol) aucun accusé de réception n'assure la bonne réception de l'envoi. La fiabilité n'est plus garantie mais la mise en œuvre est plus rapide (pas d'aller-retours).

Ce protocole est utilisé pour le streaming audio et vidéo

Source Wikipédia