THÉMATIQUE 1

Internet

CHAPITRE 01

Histoire et infrastructure d’Internet

Internet	Chap 01	Histoire et infrastructure d'Internet

1.1 Qu'est-ce qu'un réseau ?

Définition 1 . Réseau

Un **réseau** est un ensemble de machines reliées entre elles, capables d'échanger des informations. Deux ordinateurs reliés par un simple câble forment déjà un réseau.

Filaire ou sans fil

Une connexion entre deux machines peut être :

— **filaire** : câble RJ45 (Ethernet), fibre optique ;

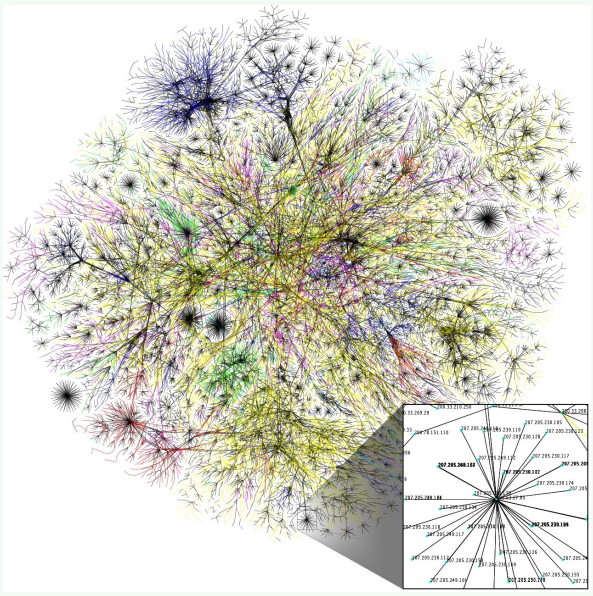
— **sans fil** : Wi-Fi, Bluetooth, réseau mobile (4G, 5G).

Définition 2 . Internet

Internet est le réseau mondial qui interconnecte des millions de réseaux plus petits (réseaux domestiques, réseaux d'entreprises, réseaux de fournisseur d'accès à internet…), à toutes les échelles : deux ordinateurs dans une chambre, tout un lycée, un pays entier. On dit qu'Internet est un **réseau de réseaux**.

Exemple 1 . À quoi ressemble Internet ?

Cette image, réalisée par le projet Opte, représente une partie des connexions entre machines sur Internet en 2005 : chaque trait relie deux "machines", chaque couleur correspond à une zone géographique. Internet est encore plus vaste que cela, et il n'a fait que grandir depuis.



The Opte Project (Barrett Lyon), 2005, CC BY 2.5 (Wikimedia Commons)

1.2 Une histoire de guerre froide et de coopération

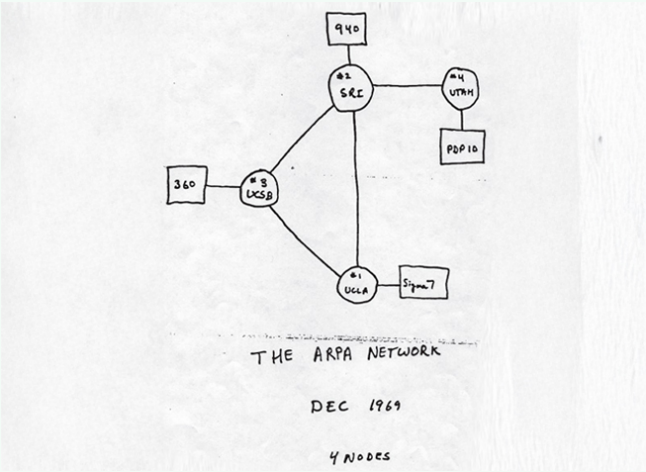
Un contexte tendu

L'histoire d'Internet commence au milieu des années 1960, en pleine **guerre froide** entre les États-Unis et l'URSS. Les autorités américaines redoutent qu'une attaque ne détruise leurs moyens de communication. Elles souhaitent un réseau capable de continuer à fonctionner même si une partie de ses machines tombe en panne : un réseau **décentralisé**, sans point de contrôle unique.

C'est la **DARPA**, une agence de recherche du ministère de la Défense américain, qui finance ce projet : **ARPANET**.

Exemple 2 . Quatre ordinateurs, décembre 1969

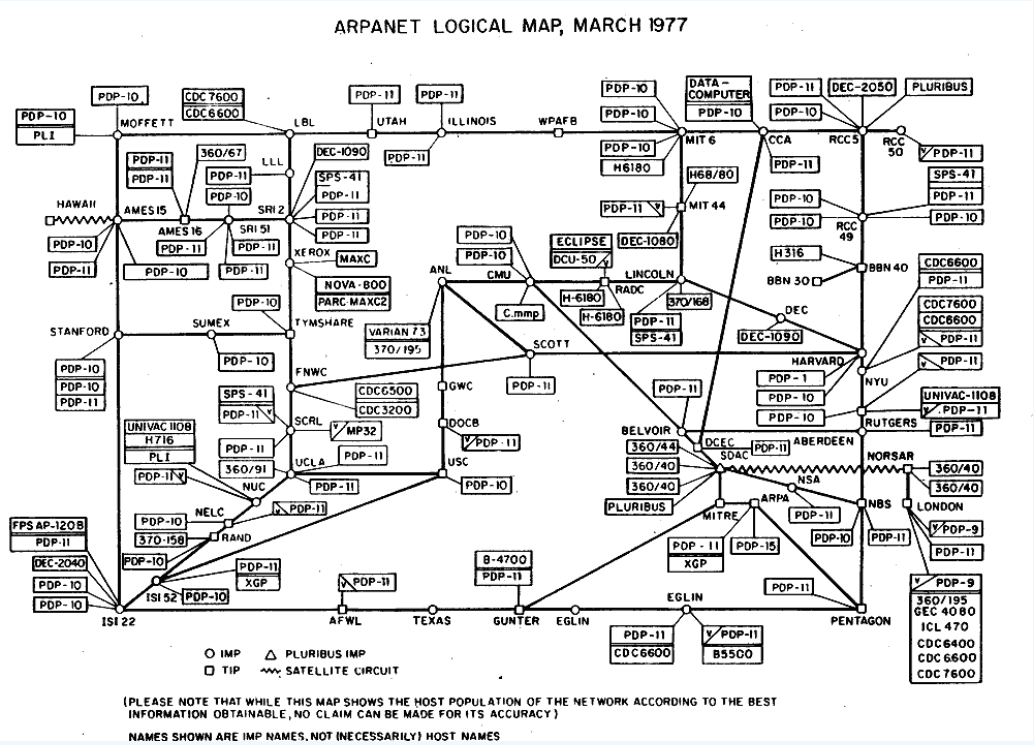
Le tout premier réseau ARPANET ne relie que **quatre universités** américaines (UCLA, Stanford, UC Santa Barbara et l'université de l'Utah). Le schéma ci-dessous, dessiné à la main par ses concepteurs, est resté célèbre.



DARPA, décembre 1969, domaine public (Wikimedia Commons)

Une croissance très rapide

Le réseau grandit vite : les centres de recherche et les universités s'y connectent les uns après les autres. Voici, à titre de comparaison, la carte du même réseau seulement huit ans plus tard. Notons à quel point le réseau s'est densifié.



ARPANET Logical Map, mars 1977, domaine public (Wikimedia Commons)

TCP/IP, la naissance d'un "réseau de réseaux"

Très vite, d'autres réseaux voient le jour, construits avec des technologies différentes d'ARPANET. Pour qu'ils puissent tout de même communiquer entre eux, les chercheurs **Vint Cerf** et **Bob Kahn** mettent au point, en 1974, un langage commun : le protocole **TCP/IP**.

En 1983, ARPANET adopte officiellement TCP/IP. N'importe quel réseau utilisant ce même langage peut désormais s'interconnecter aux autres. C'est cette interconnexion universelle, rendue possible par un langage commun, que l'on appelle **Internet** (littéralement "entre les réseaux") : voilà pourquoi c'est un **réseau de réseaux**, et non un réseau parmi d'autres.

Une démocratisation progressive

Réservé aux chercheurs pendant plus de vingt ans, Internet s'ouvre au grand public dans les années 1990, avec l'apparition des premiers fournisseurs d'accès. Le haut débit (ADSL puis fibre), puis l'Internet mobile (3G, 4G, 5G) achèvent cette démocratisation : aujourd'hui, plus de la moitié de la population mondiale est connectée.

Exercice 1 . Frise chronologique

À l'aide des informations de cette section, replacer les événements suivants dans l'ordre chronologique, avec leur date : adoption de TCP/IP par ARPANET ; premiers quatre nœuds d'ARPANET ; démocratisation d'Internet auprès du grand public.

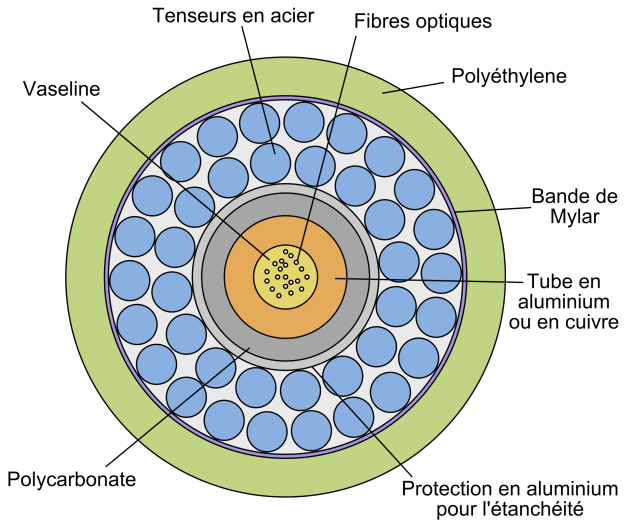
1.3 L'infrastructure physique d'Internet

Internet n'est pas "dans les nuages"

Malgré l'expression "le cloud" et ses icônes en forme de nuage, Internet repose sur des objets bien réels. Découvrons-les un par un.

Définition 3 . Câble

Un **câble** relie physiquement deux machines pour qu'elles puissent échanger des données : câble RJ45 dans un réseau local, câble à fibre optique pour les longues distances, y compris au fond des océans.



Coupe d'un câble sous-marin, domaine public (Wikimedia Commons)

Exercice 2 . Vidéo "Sans ces câbles sous-marins, Internet n'existe plus"

https://www.youtube.com/watch?v=6we2X6fyBAE

Après avoir regardé la vidéo, répondre aux questions suivantes :

1. Indiquer quelle part du trafic Internet intercontinental passe par les câbles sous-marins.

   ---

2. Expliquer pourquoi les satellites ne remplacent pas les câbles sous-marins pour l'essentiel du trafic.

   ---

3. Citer une menace ou un risque qui peut endommager un câble sous-marin.

Définition 4 . Switch

Un **switch** est un boîtier qui relie plusieurs machines d'un même réseau local entre elles, par câble.



Switch 8 ports, CC BY-SA (Wikimedia Commons)

Définition 5 . Routeur

Un **routeur** est une machine qui relie plusieurs réseaux entre eux, et qui choisit vers où envoyer les informations qui transitent.



Routeur d'entreprise, CC BY-SA (Wikimedia Commons)

Définition 6 . Serveur

Un **serveur** est une machine qui stocke des données ou des services (pages web, fichiers…) et les met à disposition d'autres machines qui s'y connectent.

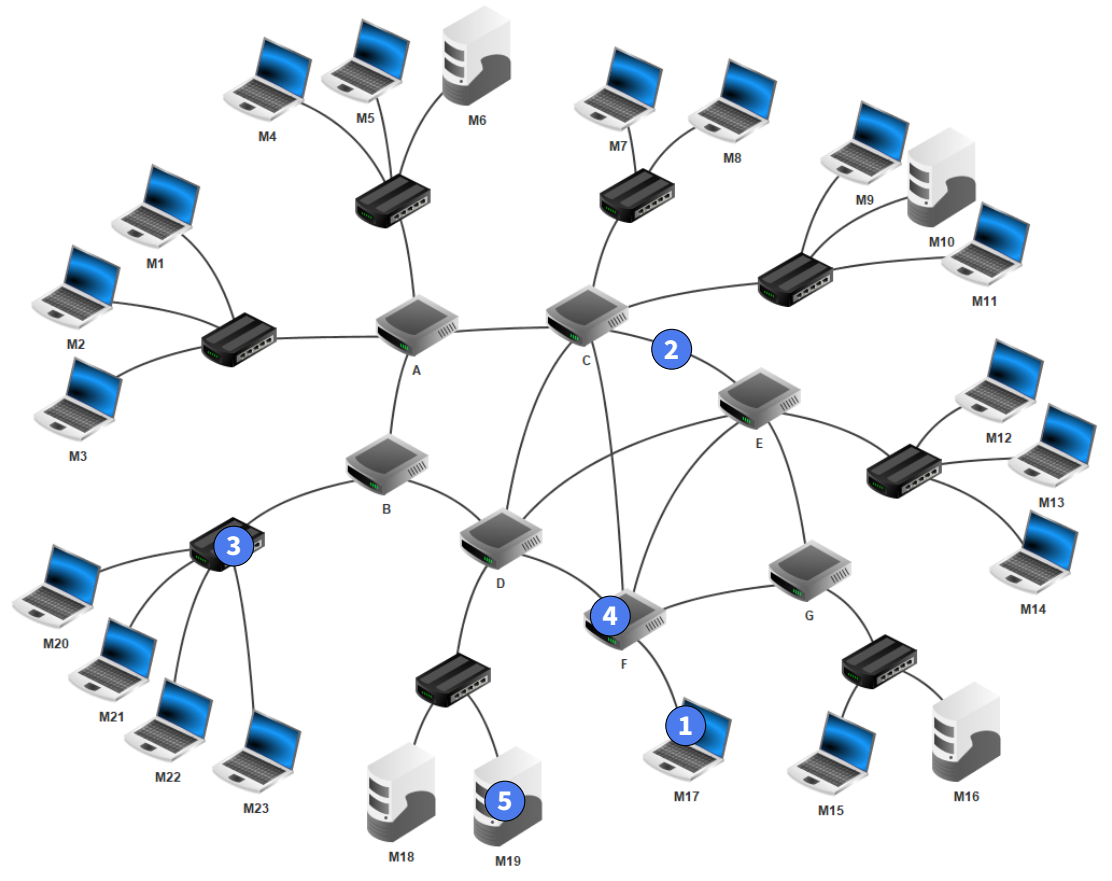


Baie de serveurs, CC BY-SA (Wikimedia Commons)

Exercice 3 . Identifier les éléments d'un réseau

Le schéma ci-dessous, réalisé avec le logiciel **Filius**, représente un "mini Internet" : plusieurs réseaux locaux, chacun regroupé autour d'un boîtier, reliés entre eux par une chaîne d'équipements.

À l'aide des définitions précédentes, identifier les 5 éléments numérotés sur le schéma.



Capture d'écran du logiciel Filius (libre et gratuit)

Banque de mots : Câble, Ordinateur, Routeur, Serveur, Switch.

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____

CHAPITRE 02

Protocoles et adressage IP

Internet	Chap 02	Protocoles et adressage IP

2.1 Les protocoles de communication

Définition 1 . Paquet

Avant d'être envoyée sur Internet, une information (page web, photo, message…) est découpée en petits morceaux appelés **paquets**. Chaque paquet voyage indépendamment des autres, et peut emprunter un chemin différent pour arriver à destination.

Qui fait quoi ?

Reste à savoir **qui** découpe les données en paquets, et **qui** décide du chemin à suivre pour chacun : c'est le rôle des **protocoles**.

Définition 2 . Protocole de communication

Un **protocole** est un ensemble de règles qui indiquent comment deux machines doivent communiquer : comment commencer un échange, comment l'organiser, comment vérifier que tout s'est bien passé.

Exercice 1 . Vidéo "TCP/IP, la hotline"

https://www.youtube.com/watch?v=aX3z3JoVEdE

Après avoir regardé la vidéo, répondre aux questions suivantes :

1. Expliquer ce que signifie **IP**.

   ---

2. Indiquer le rôle de l'adresse IP.

   ---

3. Comparer le fonctionnement d'un transfert sur Internet avec une situation concrète (exemple postal).

   ---

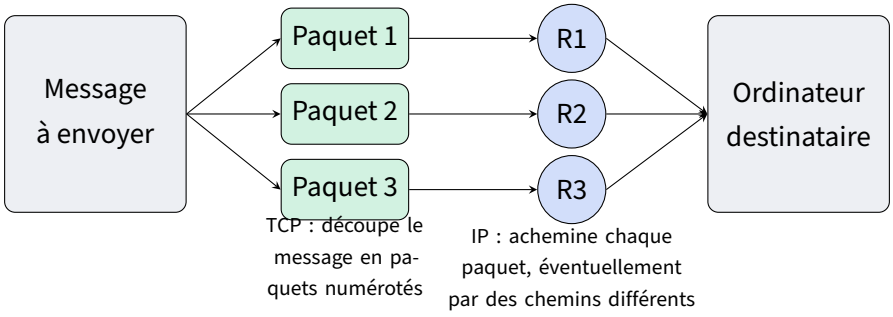
4. Déterminer s'il existe une connexion directe entre chaque ordinateur sur Internet.

5. Expliquer le rôle de **TCP**.

6. Citer un avantage notable de TCP.

Exercice 2 . Résumé

Rédiger un court résumé de ce que vous avez compris du rôle des protocoles TCP et IP.



2.2 Adresse IP

Adresse IP

Pour circuler sur Internet, chaque machine doit posséder une **adresse unique**, appelée **adresse IP**. Cette adresse joue le même rôle qu'une **adresse postale** : elle permet de savoir **où** envoyer les données. Sans adresse IP, un paquet de données ne pourrait pas trouver sa destination.

Une adresse IPv4 (la 4ème version du protocole) est composée de **4 octets**, soit **32 bits** (Thématique 0 : Chapitre 2). Elle est écrite sous forme décimale, comme :

`192.168.1.14`

Chaque nombre entre les points correspond à un octet, c'est-à-dire une valeur comprise entre 0 et 255.

En réalité, l'ordinateur manipule cette adresse en **binaire** (une suite de 0 et de 1). La notation **décimale pointée** est simplement une écriture plus agréable pour les humains.

Le passage à IPv6

Avec 32 bits, IPv4 ne permet d'écrire qu'un nombre **limité** d'adresses différentes : un peu plus de 4 milliards. Avec la multiplication des appareils connectés (téléphones, objets connectés, ordinateurs…), ce stock d'adresses a fini par s'épuiser.

C'est pour cela qu'une nouvelle version du protocole IP a été créée : **IPv6**, qui utilise des adresses de **16 octets** soit **128 bits** au lieu de 32.

Exercice 3 . Octet et nombre d'adresses

1. Déterminer combien de valeurs un **octet** peut prendre (intervalle de valeurs).

   ---

2. Calculer combien d'adresses IPv4 différentes existent, puis combien d'adresses IPv6.

Exercice 4 . Convertir une adresse IP

En s'appuyant sur la méthode de conversion décimal/binaire vue en Thématique 0, convertir les adresses IP suivantes, octet par octet.

1. Convertir en décimal pointé l'adresse IP suivante, donnée en binaire :

   `11001000.00000001.00101010.00000001`

2. Convertir en binaire l'adresse IP suivante, donnée en décimal :

   `172.16.254.1`

2.3 Masques de sous-réseau

Pourquoi découper un réseau ?

Sur un grand réseau, il est souvent nécessaire de séparer les machines en sous-réseaux plus petits : cela permet, par exemple, d'isoler le réseau des professeurs de celui des élèves dans un lycée, ou d'organiser les machines par bâtiment. Pour cela, on utilise un **masque de sous-réseau**.

Une analogie : l'adresse postale

On peut comparer une adresse IP à une adresse postale complète, par exemple `12 rue des Lilas, 76290 Montivilliers`.

— Le **code postal** (76290) joue le rôle de la **partie réseau** : il identifie la ville.

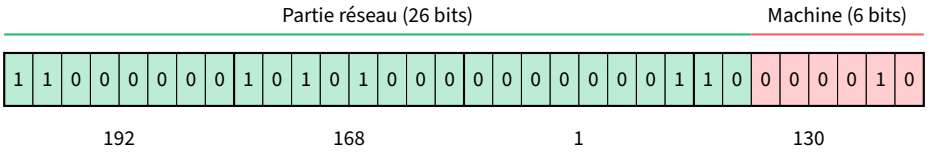
— Le **numéro et le nom de rue** (`12 rue des Lilas`) jouent le rôle de la **partie machine** : ils identifient précisément une maison **à l'intérieur** de cette ville.

Deux maisons de Montivilliers partagent le même code postal (même réseau), mais ont chacune leur propre numéro de rue (leur propre adresse à l'intérieur de ce réseau). Le **masque de sous-réseau**, c'est ce qui indique où s'arrête le "code postal" et où commence le "numéro de rue" dans une adresse IP.

Définition 3 . Masque de sous-réseau

Un masque de sous-réseau, tout comme une adresse IP, comporte **32 bits**. Il indique, bit par bit, quelle partie de l'adresse IP désigne le **réseau** (bits à 1) et quelle partie désigne la **machine** à l'intérieur de ce réseau (bits à 0).

On résume cela avec la notation `/n`, où `n` est le nombre de bits réservés au réseau.



Exemple avec l'adresse `192.168.1.130`

Trouver l'adresse réseau

Pour trouver l'**adresse réseau**, la méthode est simple : on écrit l'adresse IP en binaire, on garde les n premiers bits tels quels (la partie réseau, donnée par le masque /n), et on remplace tous les bits restants par des **0** (la partie machine).

Exemple 1 . Trouver l'adresse réseau de 192.168.1.130/26

On écrit l'adresse IP en binaire, octet par octet. Le masque /26 indique que les 26 premiers bits forment la partie réseau : on les garde, et on remplace les 6 bits restants par des 0.

	192	168	1	130
Adresse IP (binaire)	11000000	10101000	00000001	10000010
Adresse réseau (binaire)	11000000	10101000	00000001	10000000
Résultat (décimal)	192	168	1	128

Les trois premiers octets (24 bits) appartiennent entièrement à la partie réseau : rien ne change. Le /26 tombe au milieu du quatrième octet : ses 2 premiers bits (10) appartiennent au réseau et restent inchangés ; ses 6 derniers bits (soulignés ci-dessus) appartiennent à la machine et sont remplacés par des 0.

L'**adresse réseau** de 192.168.1.130/26 est donc 192.168.1.128.

Nombre d'adresses et nombre de machines

Si le masque est /n, il reste $32 - n$ bits pour la partie machine. Chaque bit peut prendre deux valeurs, donc :

$$\text{Nombre d'adresses dans le réseau} = 2^{32-n}$$

Deux de ces adresses sont réservées, et ne sont jamais données à une machine :

- l'**adresse réseau**, dont tous les bits machine valent 0 : elle désigne le réseau lui-même ;
- l'**adresse de diffusion** (*broadcast* en anglais), dont tous les bits machine valent 1 : elle sert à envoyer un message à toutes les machines du réseau à la fois.

On les retire donc du total :

$$\text{Nombre de machines possibles} = 2^{32-n} - 2$$

Exemple 2 . Quelques exemples

Masque	Bits machine	Nombre d'adresses	Machines possibles
/24	$32 - 24 = 8$	$2^8 = 256$	$256 - 2 = 254$
/26	$32 - 26 = 6$	$2^6 = 64$	$64 - 2 = 62$
/30	$32 - 30 = 2$	$2^2 = 4$	$4 - 2 = 2$

Plus le nombre après le / est grand, plus il reste peu de bits pour la machine, et donc moins il y a d'adresses disponibles dans le réseau. Dans le réseau `192.168.1.128/26` de l'exemple précédent, l'adresse réseau est `192.168.1.128`, l'adresse de diffusion est `192.168.1.191`, et les 62 machines reçoivent les adresses de `192.168.1.129` à `192.168.1.190`.

Exercice 5 . Adresse réseau et nombre de machines

Adresse donnée : `192.168.16.52/26`

1. En s'inspirant de la méthode ci-dessus, déterminer l'adresse réseau correspondante.
2. Calculer le nombre de machines possibles dans ce réseau.

Nouvelle adresse : `142.78.49.13/22`

1. Déterminer l'adresse réseau.
2. Calculer le nombre de machines disponibles.

CHAPITRE 03

Débit et qualité d’une connexion

Internet	Chap 03	**Débit et qualité d'une connexion**

3.1 Qu'est-ce que le débit ?

Définition 1 . Débit

Le **débit** d'une connexion mesure la quantité de données qui peuvent être transmises pendant une seconde. Il s'exprime en **bits par seconde** (`bit/s`), le plus souvent avec ses multiples : kb/s, Mb/s, Gb/s.

Bit ou octet : attention au piège

Un opérateur annonce toujours son débit en **bits** par seconde (Mb/s), avec un **b** minuscule. Mais la taille d'un fichier, elle, est presque toujours donnée en **octets** (Mo), avec un **O** majuscule.

Comme 1 octet $= 8$ bits (voir la Thématique 0), un débit annoncé de **8 Mb/s** ne permet de télécharger qu'**environ 1 Mo par seconde**. C'est une confusion fréquente, parfois entretenue volontairement dans les publicités !

Exercice 1 . Convertir un débit

1. Une box annonce un débit de **16 Mb/s**. Calculer, en Mo/s, la quantité de données réellement téléchargeable par seconde.

2. Un film pèse **2 Go**. Avec ce débit de 16 Mb/s, estimer le temps nécessaire pour le télécharger (en minutes).

3.2 Ordres de grandeur

Quelques usages courants

Le débit nécessaire dépend fortement de l'usage. Voici quelques ordres de grandeur habituellement recommandés.

Usage	Débit approximatif recommandé
Navigation web, e-mails	1 à 2 Mb/s
Musique en streaming	0,3 Mb/s
Visioconférence	2 à 4 Mb/s
Vidéo en streaming (HD)	5 Mb/s
Vidéo en streaming (4K)	25 Mb/s
Jeu vidéo en ligne	3 à 6 Mb/s (mais très sensible à la latence)

Exercice 2 . Combien d'appareils en même temps ?

Une box annonce un débit descendant de **50 Mb/s**. Dans un foyer, une personne regarde une vidéo en streaming HD pendant qu'une autre est en visioconférence.

1. Calculer le débit total déjà utilisé par ces deux usages.
2. Déterminer s'il reste suffisamment de débit pour qu'une troisième personne joue en ligne.

3.3 Débit descendant et débit montant

Définition 2 . Débit descendant / débit montant

Le **débit descendant** correspond aux données reçues par l'utilisateur (regarder une vidéo, charger une page). Le **débit montant** correspond aux données envoyées (envoyer un mail avec une pièce jointe, diffuser en direct, parler en visioconférence).

Une connexion souvent asymétrique

Pour la plupart des connexions grand public (ADSL, 4G, une partie de la fibre), le débit descendant est **beaucoup plus élevé** que le débit montant. Cela reflète l'usage historique d'Internet : on télécharge (reçoit) beaucoup plus qu'on n'envoie. Cette asymétrie devient toutefois gênante pour des usages comme la visioconférence ou le télétravail, où l'on envoie autant qu'on reçoit.

3.4 La latence

Définition 3 . Latence

La **latence** est le temps que met un petit paquet de données pour faire l'aller-retour entre une machine et un serveur. Elle se mesure en millisecondes (ms).

Débit élevé ne veut pas dire latence faible

Le débit et la latence sont deux notions différentes : le débit mesure une **quantité** de données par seconde, la latence mesure un **délai**. Une connexion satellite, par exemple, peut avoir un bon débit mais une latence élevée (le signal doit faire l'aller-retour jusqu'à l'espace) : elle convient mal à un jeu vidéo en ligne, même si les vidéos s'y chargent bien.

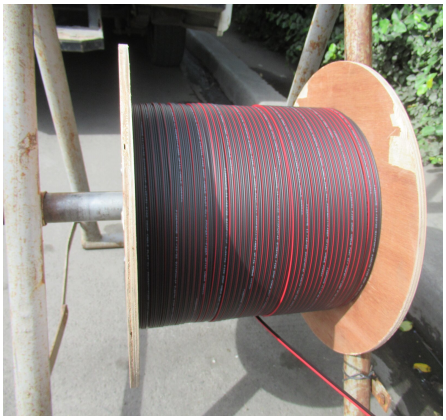
Exercice 3 . Mesurer sa connexion

Sur un ordinateur connecté à Internet, se rendre sur un site de test de débit (par exemple un test proposé par votre FAI ou un test généraliste), puis relever :

1. le débit descendant ;
2. le débit montant ;
3. la latence.

Comparer ces valeurs avec celles d'un autre binôme, sur un autre type de connexion (Wi-Fi, 4G, filaire) si possible.

3.5 Comparer les technologies de connexion



Bobine de câble à fibres optiques, CC BY-SA (Wikimedia Commons)

Technologie	Débit descendant typique	Latence typique
ADSL	1 à 20 Mb/s	20 à 40 ms
Fibre optique	100 à 8000 Mb/s	2 à 10 ms
4G	10 à 150 Mb/s	30 à 50 ms
5G	100 à 1000 Mb/s	5 à 15 ms
Satellite	20 à 200 Mb/s	20 à 600 ms

Ordres de grandeur

Ces valeurs varient beaucoup selon l'offre, l'équipement et la distance à l'antenne ou au central. Elles donnent seulement une tendance pour comparer les technologies entre elles.

Exercice 4 . Choisir la bonne technologie

Pour chaque situation, proposer la technologie la plus adaptée parmi celles du tableau ci-dessus, en justifiant la réponse à l'aide du débit et/ou de la latence.

1. Une entreprise qui a besoin de faire des visioconférences en haute qualité toute la journée.
2. Un randonneur isolé en montagne qui souhaite tout de même pouvoir se connecter.
3. Un joueur en ligne compétitif
4. Un foyer situé en zone rurale, non éligible à la fibre.