

Télécommunications et Applications

Par: MEBTOUCHE Hanane

Sommaire :

Chapitre 1. Introduction aux Applications des Télécommunications

Chapitre 2. Introduction à la téléphonie

Chapitre 3. Introduction à la radiodiffusion et la télévision

Chapitre 4. Autres applications des télécommunications

Chapitre 1:

Introduction aux Applications des Télécommunications

Sommaire :

1. La télécommunication
2. Le spectre électromagnétique
3. Classification des systèmes des télécommunications

1. La télécommunication

1. La Télécommunication: Historique

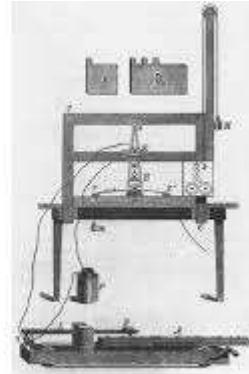
« Les télécommunications au sens large comprennent l'ensemble des moyens techniques nécessaires à l'acheminement aussi fidèle et fiable que possible d'informations entre deux points a priori quelconques, à une distance quelconque, avec des coûts raisonnables »
et a des instants quelconques.

1. La Télécommunication: Historique

a. Le télégraphe électrique

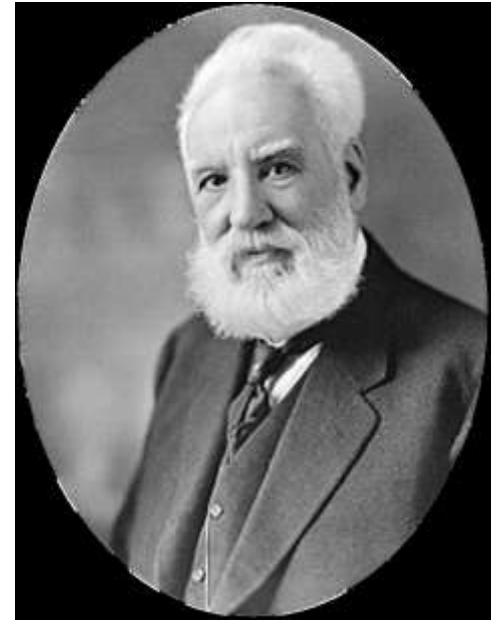
§ on peut estimer que l'histoire des télécommunications commence en **1832**, date à laquelle le physicien américain **Morse (1791-1872)** eut l'idée d'un système de transmission codée (**alphabet Morse**) (exemple : **S O S ...- - - ...**).

§ En **1856**, la **France adopta le système Morse**. La première liaison transocéanique, réalisée en 1858, ne fonctionna qu'un mois (défaut d'isolement du câble immergé).



b. Le téléphone

§ En 1876, l'Américain **Graham Bell** inventa le téléphone : enfin, la voix humaine pouvait être transportée au-delà de l'horizon sonore.



§ De nombreuses améliorations du téléphone de Bell (comme l'invention du microphone à charbon par Hughes en **1878**) **conduisirent** au développement que l'on connaît.

§ Paris fut la première ville à posséder un réseau de "téléphonie urbaine".



c. La radio

§ Mais le fil de cuivre qui était à la base même de ces dispositifs de communication était très pénalisant : coûts de construction et de maintenance très importants, impossibilité de communiquer avec un bateau en mer...

§ La découverte des ondes hertziennes allait ouvrir l'ère du "sans fil" et métamorphoser les lourds, fragiles et coûteux câbles de cuivre en liaisons invisibles que constituent les ondes électromagnétiques.



Récepteur Radio Berrens de 1925

§ En 1899, **MARCONI Guglielmo (Italo-Irlandais)** fut reconnu comme l'inventeur de la **radio sans fil**. Il permit à plusieurs stations d'émettre simultanément, et sans interférence, sur des longueurs d'ondes différentes.



§ En 1921, des émissions expérimentales sont diffusées depuis la Tour Eiffel d'où sont transmis les **premiers journaux parlés et émissions musicales en direct**. Mais, c'est **Lee de Forest** qui avec l'invention de la **triode** ouvrit véritablement la voie aux transmissions longues distances.



§ En 1927, La première liaison téléphonique transocéanique par ondes hertziennes fut réalisée.

d. La télévision

§ C'est dans les années **1920** que les **premiers prototypes de télévision** apparaissent.

§ **En 1929, la BBC émet des émissions expérimentales malgré des images de mauvaise qualité.**

§ **En 1947, 3 Américains inventent le transistor, qui peu à peu va détrôner les lampes, et faire accélérer les évolutions techniques.**

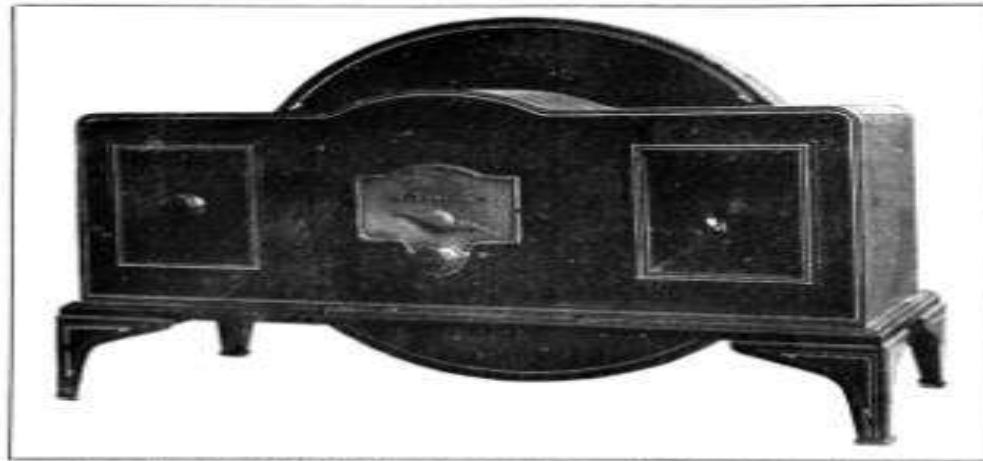


Fig. 511. — La « Télévision de Baird » vue par devant. À gauche, le bouton du rhéostat du moteur. Au milieu, bouton du pédales servant à la « mise en page » ou au « cadrage » de l'image. À droite, le « lunetier » dans lequel, à travers les lentilles qui l'agrandissent, on aperçoit l'image.

e. Les satellites

§ **Au début des années 1960, les communications téléphoniques** internationales restent très difficiles car les câbles sous-marins ont une capacité réduite.

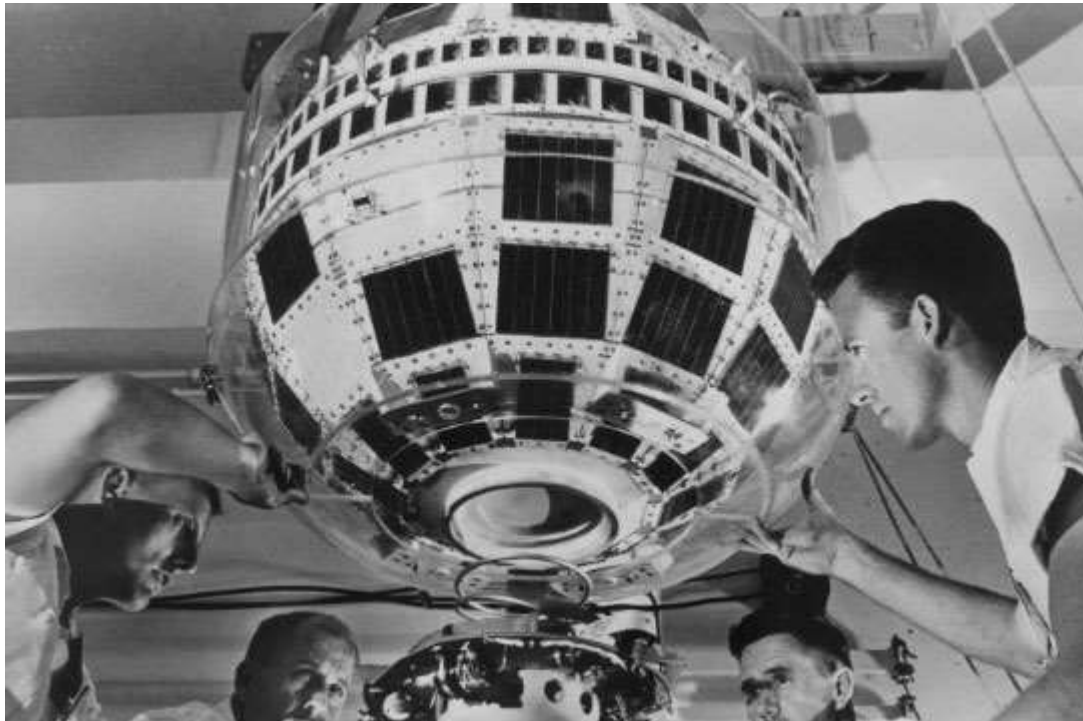
§ De même la télévision ne permet pas encore de réaliser des "directs" sur de très longues distances.

§ Un projet est alors avancé : construire un satellite de télécommunications.

§ **En 1961, un accord est signé entre la Grande Bretagne, la France et les Etats-Unis** pour sa réalisation.

§ Ce satellite (**Telstar**) est construit par "**Bell Telephone Laboratories**" et sera lancé de Cap Canaveral le **10 juillet 1962**.

§ Pour l'occasion la France construit en Bretagne (Pleumeur-Bodou) une antenne réceptrice composée entre autres, d'une portion de sphère de 64 mètres de diamètre. **Le 11 juillet 1962, l'antenne capte dans d'excellentes** conditions des images émises des Etats-Unis.



f. Internet

§ En 1974, les laboratoires Bell mettent au point un programme, qui permet d'échanger des données par modem via le réseau téléphonique.

§ Grâce à cette innovation, débute le premier véritable réseau planétaire, UUNET.



§ En 1994, avec l'introduction de Netscape, doté d'une interface graphique spectaculaire, qui intègre les ressources multimédias, l'Internet connaît une explosion phénoménale.

§ L'expression "**Internet**" sert à désigner un ensemble de réseaux connectés entre eux.

La Télécommunication: Définition et généralités

§ Le terme fut inventé en **1904** par *E. Estaunié* et signifie « **communiquer à distance** ».

§ Le but des télécommunications est donc de transmettre un **signal** (avec des moyens à base d'électronique et d'informatique), porteur d'une information (**voie, musique, images, données...**), **d'un lieu à un** autre lieu situé à distance.

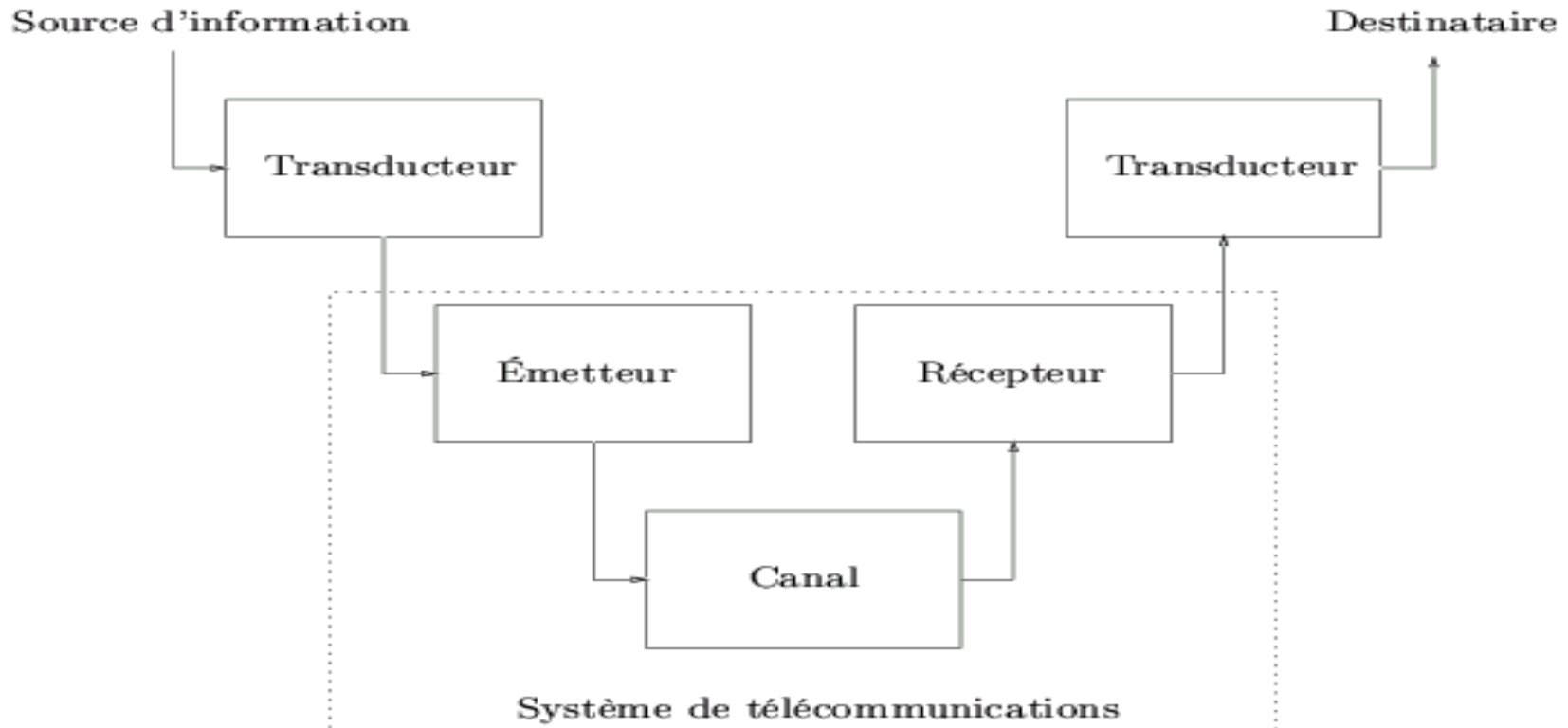
§ Les télécommunications recouvrent toutes les techniques de transfert d'information (filaires, radio, optiques, etc.) quelle qu'en soit la nature (symboles, écrits, images fixes ou animées, son, ou autres).

La chaine de télécommunication est formée principalement d'un :

1. Canal (ligne, câble coaxial, guide d'onde, fibre optique, lumière infra-rouge, canal hertzien, etc.)

2. Emetteur (source), qui a comme fonction de fournir un signal (représentant le message) adapte au canal.

3. Récepteur (destinataire) dont la fonction est de reconstituer le message après observation du signal présent sur le canal.



2. Le spectre électromagnétique

§ Définition: Le spectre électromagnétique est la décomposition du rayonnement électromagnétique selon ses différentes composantes en termes de fréquence (ou période), d'énergie des photons ou encore de longueur d'onde associée, les quatre grandeurs ν (fréquence), p (période), E (énergie) et λ (longueur d'onde) étant liées deux à deux par :

**La constante de Planck h (approx. $6,626069 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s} \approx 4,13567 \text{ meV/Hz}$)
et la vitesse de la lumière c (exactement $299\,792\,458 \text{ m/s}$)**

selon les formules :

- $E = h \nu = h/p$ pour l'énergie transportée par le photon,
- $c = \lambda \nu = \lambda/p$ pour le déplacement dans le vide (relativiste dans tous les référentiels) du photon,
- D'où aussi $E = h c/\lambda$

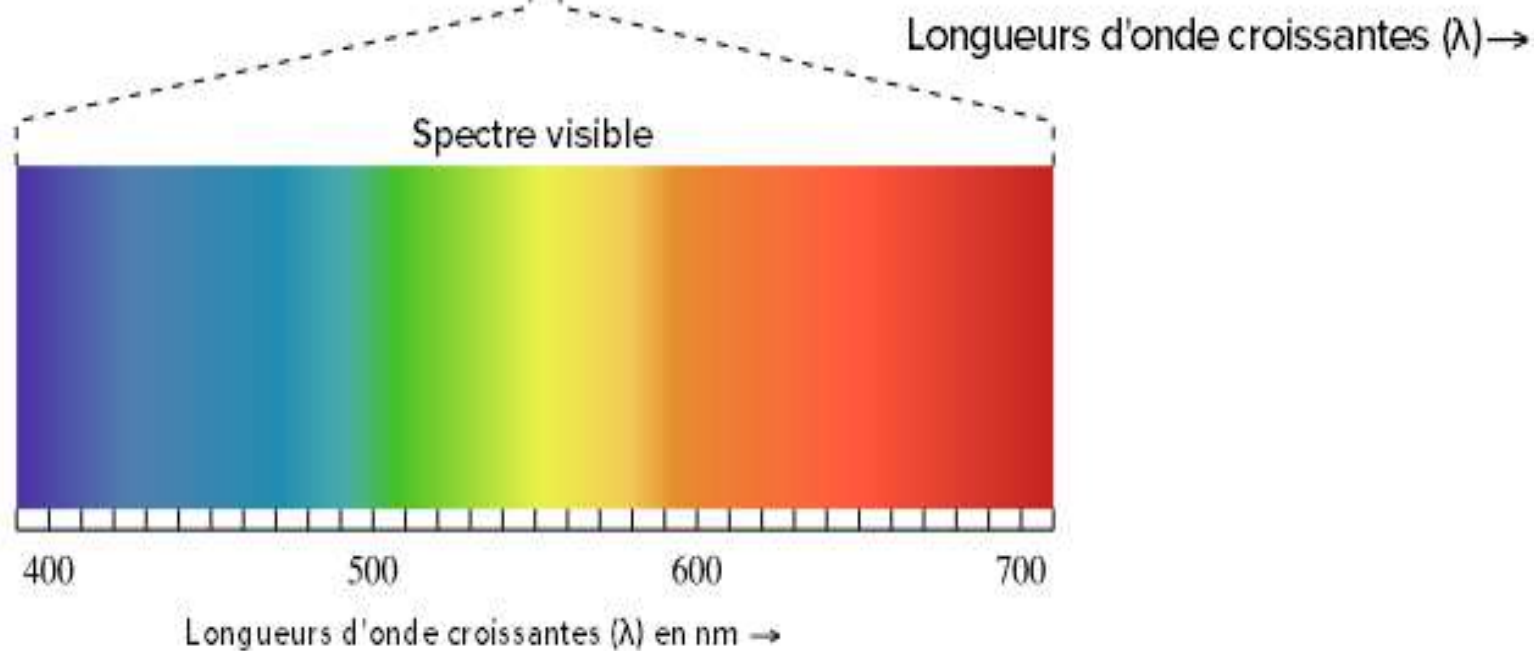
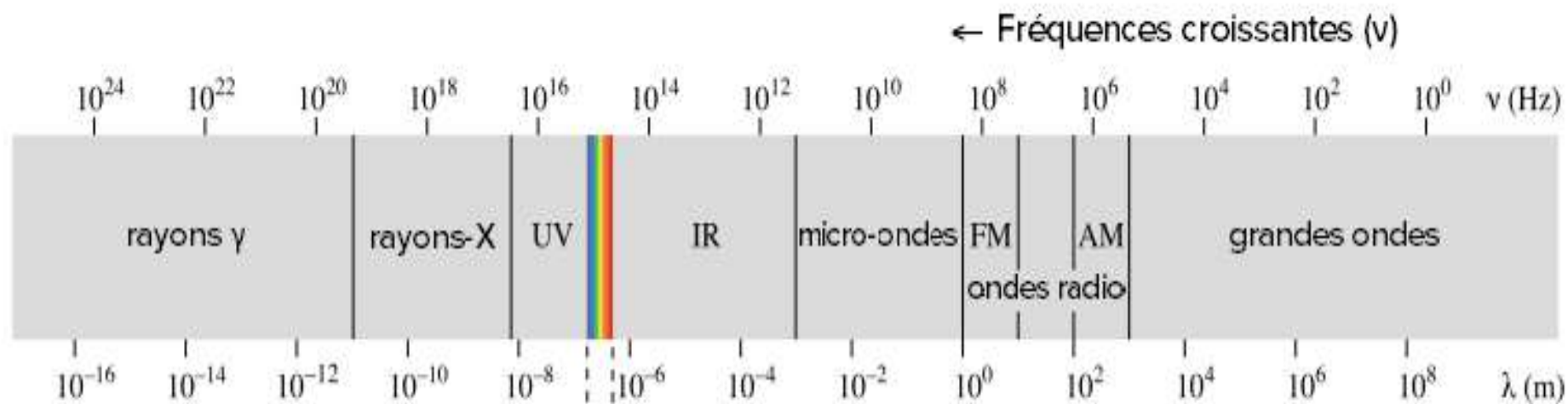
Unités de mesures :

Pour les ondes radio et la lumière, on utilise
la longueur d'onde.

§ À partir des rayons X, les longueurs d'ondes sont rarement
utilisées :

comme on a affaire à des particules très énergétiques, l'énergie
correspondant au photon X détecté est plus utile.

§ Cette énergie est exprimée en électronvolt (eV), soit l'énergie
d'un électron accéléré par un potentiel de 1 volt.



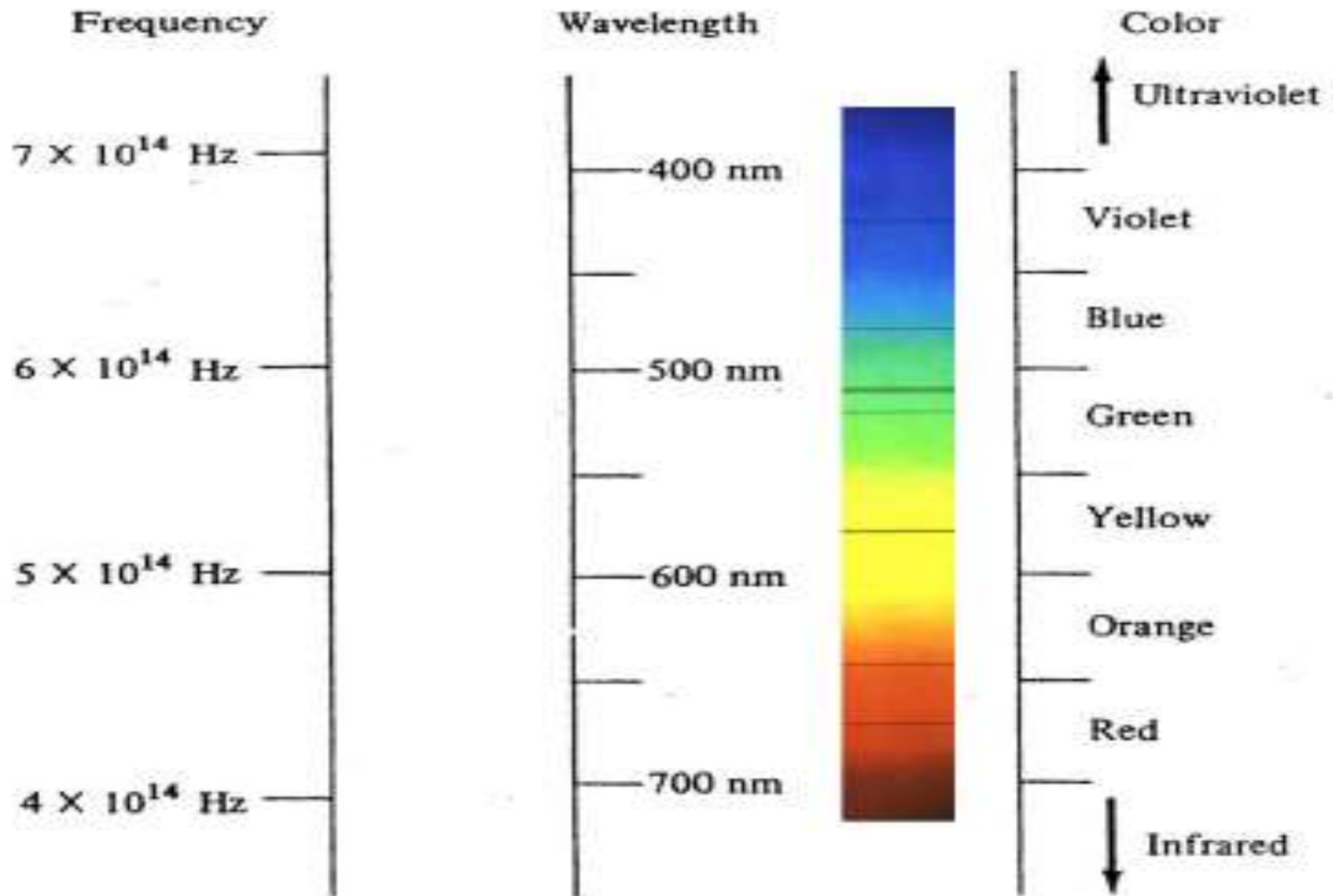
§ La lumière blanche peut se décomposer en **arc-en-ciel** à l'aide **d'un prisme ou d'un réseau de diffraction**.

§ Chaque « **couleur spectrale** » de cette décomposition **correspond** à une longueur d'onde précise ;

§ Cependant, la physiologie de la perception des couleurs fait qu'une couleur vue ne correspond pas nécessairement à une radiation de longueur d'onde unique mais peut être une superposition de radiations monochromatiques.



Le spectre du rayonnement électromagnétique (visible)



Domaines du spectre électromagnétique

Nom	Longueur d'onde(m)	Fréquence(Hz)	Énergie du photon (eV)
Rayon gamma	< 10 pm	> 30 EHz	> 124 keV
Rayon X	10 pm – 10 nm	30 EHz – 30 PHz	124 keV – 124 eV
Ultraviolet	10 nm – 390 nm	30 PHz – 750 THz	124 eV – 3,2 eV
Visible	390 nm – 750 nm	770 THz – 400 THz	3,2 eV – 1,7 eV
Infrarouge	750 nm – 0,1 mm	400 THz – 3 THz	1,7 eV – 12,4 meV
Téraherz / submillimétrique	0,1 mm - 1 mm	3 THz - 300 GHz	12,4 meV - 1,24 meV
Micro-ondes	1 mm - 1 m	300 GHz - 300 MHz	1,24 meV - 1,24 µeV
Ondes radio	1 m – 100 000 km	300 MHz – 3 Hz	1,24 µeV – 12,4 feV

Domaines du spectre électromagnétique

On découpe habituellement le spectre électromagnétique en divers domaines selon la longueur d'onde et le type de phénomène physique émettant ce type d'onde.

- Ondes radioélectriques ou ondes hertziennes : oscillations d'électrons au sein d'un circuit électrique comme une antenne.
- Micro-ondes : oscillations d'électrons au sein de composants électriques spécifiques (comme une diode Gunn par exemple), rotation moléculaire.
- Téraherz (domaine sub-millimétrique, limite micro-ondes / infrarouge lointain) : niveaux de vibration de molécules complexes.
- Infrarouge : oscillations de particules, vibration moléculaire, transitions d'électrons de valence au sein d'atomes ou de molécules

- Lumière visible : transitions d'électrons de valence de haute énergie, qui ont la particularité d'être détectées par l'oeil humain.
- Ultraviolet: transitions d'électrons de valence d'atomes ou de molécules de plus haute énergie encore, et donc non observables par l'oeil humain.
- Rayons X : transitions d'électrons des couches profondes au sein d'un atome, accélération ou décélération (*bremsstrahlung*) d'électrons libres de haute énergie.
- Rayons gamma : transitions au sein du noyau atomique, souvent émis lors de la désexcitation de noyaux-fils issu de la désintégration radioactive d'un noyau instable, de façon spontanée ou sous l'effet d'une accélération au sein d'un accélérateur de particules.



γ



X



UV

visible



IR



radio



10^{-12}

10^{-9}

10^{-6}

10^{-3}

1

10^3

Longueur d'onde (en m)

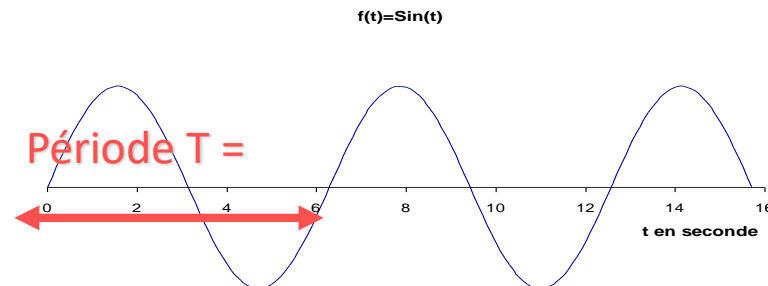
Caractéristiques des ondes électromagnétiques

Énergies transportées par les ondes électromagnétiques

selon les formules :

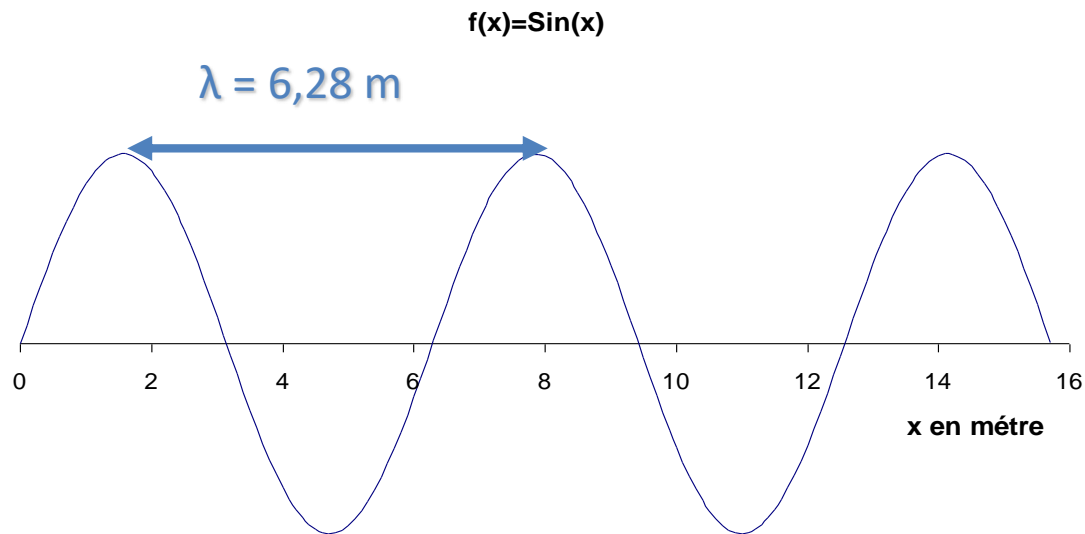
- $E = h \nu = h/p$ pour l'énergie transportée par le photon,
- $c = \lambda \nu = \lambda/p_1$ pour le déplacement dans le vide (relativiste dans tous les référentiels) du photon,
- D'où aussi

Fréquence (f en Hz): nombre de vibrations par unité de temps dans un phénomène périodique.



$$f = 1/T = 0,159 \text{ Hz}$$

Longueur d'onde (λ en m): distance entre deux points consécutifs de même phase d'un mouvement ondulatoire qui se propage en ligne droite.



La longueur d'onde est généralement exprimée en nm.

Relation entre la fréquence et la longueur d'onde:

$$\lambda = v/f$$

λ est la longueur d'onde en mètres

v est la vitesse de l'onde dans le milieu considéré

f est la fréquence de l'onde en Hz ou s⁻¹

Dans un milieu donné, toute onde lumineuse se caractérise indifféremment par sa fréquence ou sa longueur d'onde.

Vitesse de propagation dans un milieu

Si la propagation se fait dans un milieu dont l'indice de réfraction est n , la vitesse de propagation est $\mathbf{v} = \mathbf{C}/n$

Vide $n = 1$

Air (conditions normales) $n = 1,00029$

Gaz CO2 $n = 1,00045$

Eau $n = 1,33$

Verre $n = 1,5$ à $1,7$

Lien avec la vitesse de propagation C :

$$C = \sqrt{\frac{1}{\epsilon_0 \mu_0}} = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

Dispersion, Réfraction et loi de Descartes

L'indice de réfraction n , dépend de la longueur d'onde

Exemple: indice de réfraction du verre

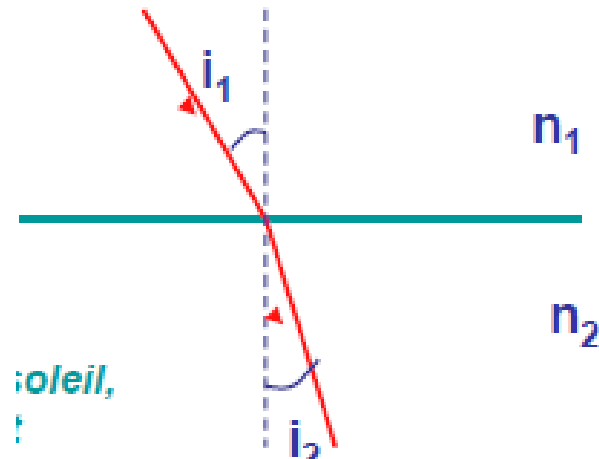
Bleu sombre ($\lambda = 0,434 \text{ um}$): $n=1,528$

Rouge ($\lambda = 0,656 \text{ um}$): $n=1,514$

La loi de Descartes décrit la réfraction:

$$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$$

Une onde est réfractée lors d'une discontinuité: passage d'un milieu d'indice n_1 à un milieu d'indice n_2



3. Classification des systèmes des télécommunications

- Lorsque l'on aborde le problème des télécommunications on est amené à faire usage de deux termes : **réseau et système**.
- Le concept de système se rapporte essentiellement aux moyens de télécommunications mis en oeuvre pour constituer des réseaux.
- Les systèmes sont en quelque sorte **les supports des réseaux**.
- On peut définir un système comme un ensemble cohérent de moyens mis en oeuvre pour réaliser tout ou partie des fonctions des télécommunications.
- Suivant cette terminologie on distingue, en général, dans le domaine des télécommunications, deux grands systèmes spécifiques:
 - **Les systèmes de transmission**
 - **Les systèmes de commutation**

3.1. Les systèmes de transmission

- Comprennent essentiellement les lignes de transmission proprement dites, c'est-à-dire les supports de transmission et les équipements de groupement des signaux à transmettre.
- Ce groupement est appelé **multiplexage**. Il en existe trois types : le **multiplexage en fréquence**, le **multiplexage en temps** et le **multiplexage en longueur d'onde**

3.1. Les systèmes de transmission

3.1.1. Lignes de transmission

- Ces lignes peuvent être de nature très diverse (câbles, liaisons hertziennes, liaisons par satellites).
- Actuellement, pour les liaisons entre stations fixes de télécommunications, on peut classer les supports de transmission en cinq grandes catégories techniques :

Les câbles à paires symétriques, les câbles coaxiaux, les faisceaux hertziens, les satellites artificiels et les fibres optiques

3.1. Les systèmes de transmission

3.1.1. Lignes de transmission

a. Les câbles à paires symétriques

- Lignes bifilaires groupées à l'intérieur de câbles le plus souvent souterrains mais, parfois encore, aériens, dont la capacité varie en fonction du nombre d'abonnés à raccorder ou du trafic à écouler.

- Ces types de câbles sont utilisés essentiellement dans les *réseaux*

locaux, soit pour le raccordement des abonnés à leur centre de rattachement, soit pour des liaisons inter-centraux, urbaines ou rurales

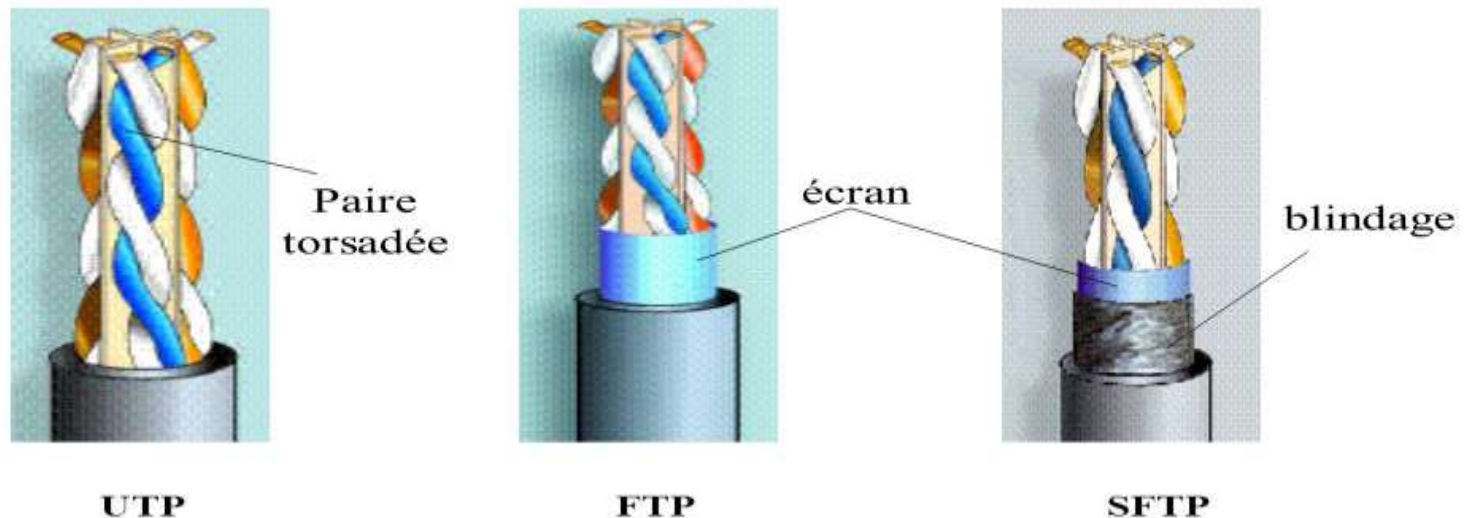


3.1. Les systèmes de transmission

3.1.1. Lignes de transmission: Les câbles à paires symétriques

En général, les câbles à paires symétriques sont utilisés pour la transmission de signaux à faible ou moyenne largeur de bande (téléphone, télex, transmissions de données à moyen débit), mais on peut aussi les utiliser pour des transmissions de signaux à plus large bande (vidéo) sur de courtes distances.

Câble symétrique : Exemples



3.1. Les systèmes de transmission

3.1.1. Lignes de transmission:

b. Les câbles coaxiaux

- Ils ont régné pendant longtemps sur le domaine des liaisons terrestres à grande distance et des liaisons intercontinentales par câbles sous-marins.
- Ils sont utilisés aussi pour des « réseaux locaux à large bande », réseaux de télévision par câble, notamment, ou pour des liaisons interactives de vidéocommunication.



3.1. Les systèmes de transmission

3.1.1. Lignes de transmission:

c. Les faisceaux hertziens

- Les FH désignent l'air ou le vide, ils permettent la circulation d'ondes électromagnétiques ou radioélectriques diverses entre un émetteur et un récepteur.



3.1. Les systèmes de transmission

3.1.1. Lignes de transmission:

c. Les faisceaux hertziens

- Destiné à la mise en oeuvre de réseau de télécommunication, le faisceau hertzien numérique est rapidement mis en service, offre de grandes capacités de débit, est évolutif en fonction des besoins de l'utilisateur.
- Le faisceau hertzien est souvent complémentaire de réseau de fibre optique pour assurer la continuité de certains points de raccordement. Les débits vont de 2 à 155 Mbit/s sur des fréquences de 1,5 à 38 GHz.

3.1. Les systèmes de transmission

3.1.1. Lignes de transmission:

d. Les satellites artificiels

- L'ère des télécommunications par satellites artificiels a commencé en 1962 (première liaison transatlantique par satellite de télécommunication, le 11 juillet 1962, entre Andover, aux États-Unis et Pleumeur-Bodou, en France).
- Les premiers satellites ont été d'abord des satellites à défilement (orbites basses et excentrées), Très rapidement on a été capable de lancer des satellites dits géostationnaires (orbite circulaire et rotation du satellite en synchronisme avec celle de la Terre).

3.1. Les systèmes de transmission

3.1.1. Lignes de transmission:

d. Les satellites artificiels

Les satellites artificiels ont révolutionné non seulement les télécommunications intercontinentales (possibilité de transmission

simultanée de voies téléphoniques et de canaux de télévision) mais aussi, comme chacun sait, la météorologie, la navigation, la télédétection et la télésurveillance à objectifs civils ou militaires.

- D'autre part, l'apparition de satellites de diffusion directe de télévision

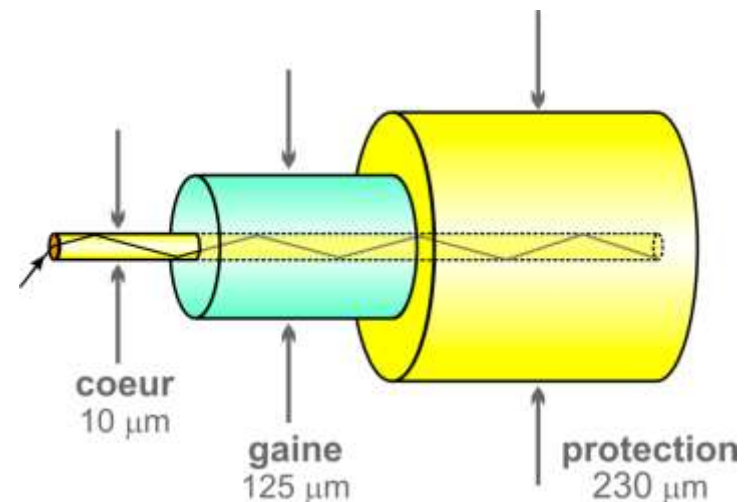
apporte encore une dimension supplémentaire aux satellites de télécommunications

3.1. Les systèmes de transmission

3.1.1. Lignes de transmission:

e. Les fibres optiques

- **1977 : premières liaisons expérimentales**
- Elles ont connu, en une décennie, un développement fulgurant, aussi bien dans le domaine des liaisons intercontinentales par câbles sous-marins (mise en service du premier câble sous-marin en décembre 1988) que pour les liaisons terrestres à grande distance, où elles remplacent progressivement les liaisons par câbles coaxiaux et par faisceaux hertziens



3.1. Les systèmes de transmission

3.1.2. Systèmes de multiplexage:

On dispose actuellement de trois grands procédés de multiplexage :

- **Le multiplexage en fréquence,**
- **Le multiplexage en temps**
- **et le multiplexage en longueur d'onde**

3.1. Les systèmes de transmission

3.1.2. Systèmes de multiplexage

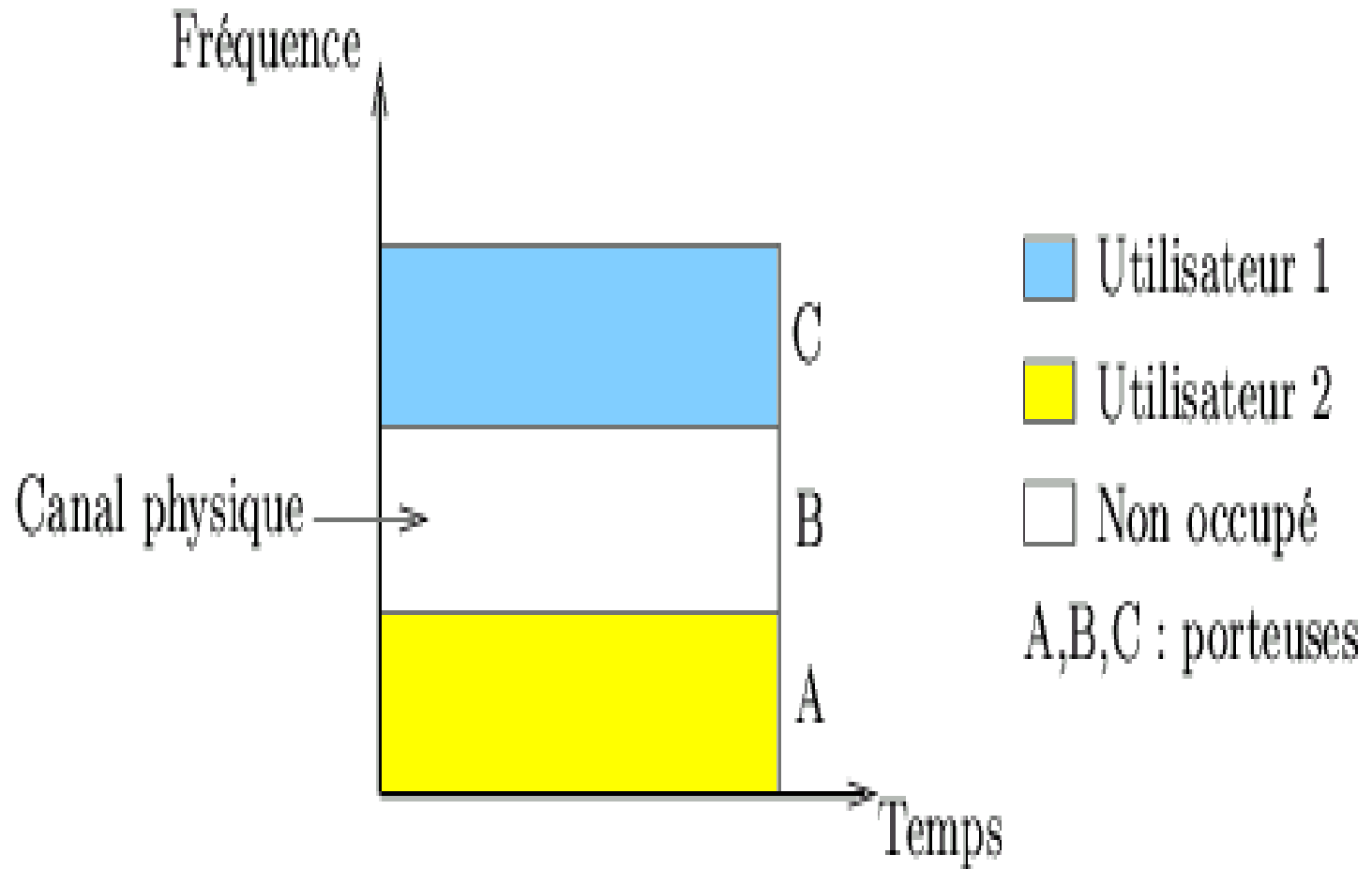
a. Le multiplexage en fréquence

- Le multiplexage fréquentiel consiste à partager la bande de fréquence disponible en un certain nombre de canaux ou sousbandes plus étroits et à affecter en permanence chacun de ces canaux à un utilisateur ou à un usage exclusif.
- **FDM (Frequency Division Multiplexing)** est une technique de multiplexage par répartition de fréquence. Elle est utilisée pour accroître les débits sur paires torsadées et plus particulièrement des lignes téléphoniques.

3.1. Les systèmes de transmission

3.1.2. Systèmes de multiplexage

a. Le multiplexage en fréquence



3.1. Les systèmes de transmission

3.1.2. Systèmes de multiplexage

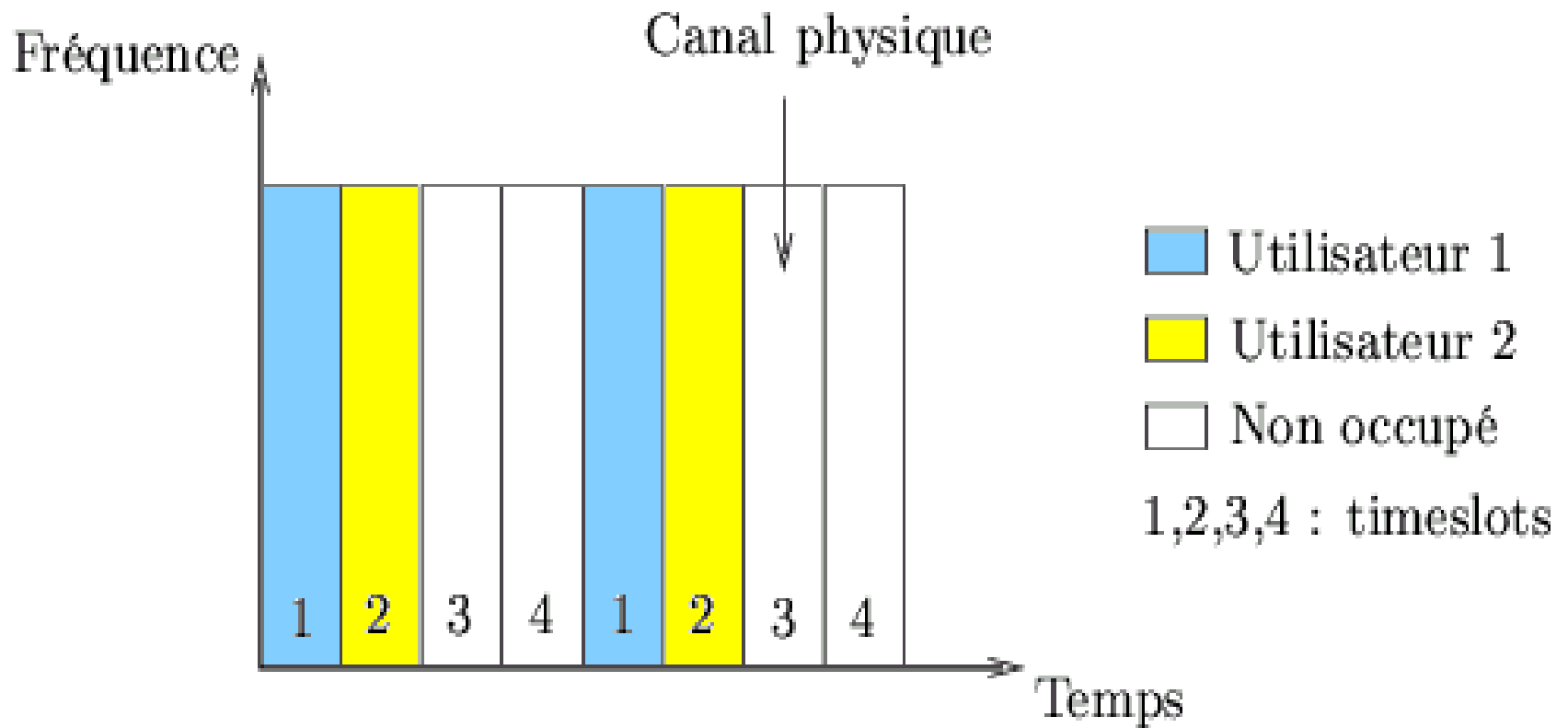
a. Le multiplexage en temps

- Le multiplexage TDM (Time Division Multiplexing) consiste à affecter à un utilisateur unique la totalité de la bande passante pendant un court instant et à tour de rôle pour chaque utilisateur.
- Le multiplexage TDM permet de regrouper plusieurs canaux de communications à bas débits sur un seul canal à débit plus élevé.

3.1. Les systèmes de transmission

3.1.2. Systèmes de multiplexage

b. Le multiplexage en temps



3.1. Les systèmes de transmission

3.1.2. Systèmes de multiplexage

c. Le multiplexage en longueur d'onde

- A l'inverse de la technologie TDM qui n'utilise qu'une seule longueur d'onde par fibre optique, la technologie WDM (Wavelength Division Multiplexing) met en oeuvre un multiplexage de longueurs d'onde.

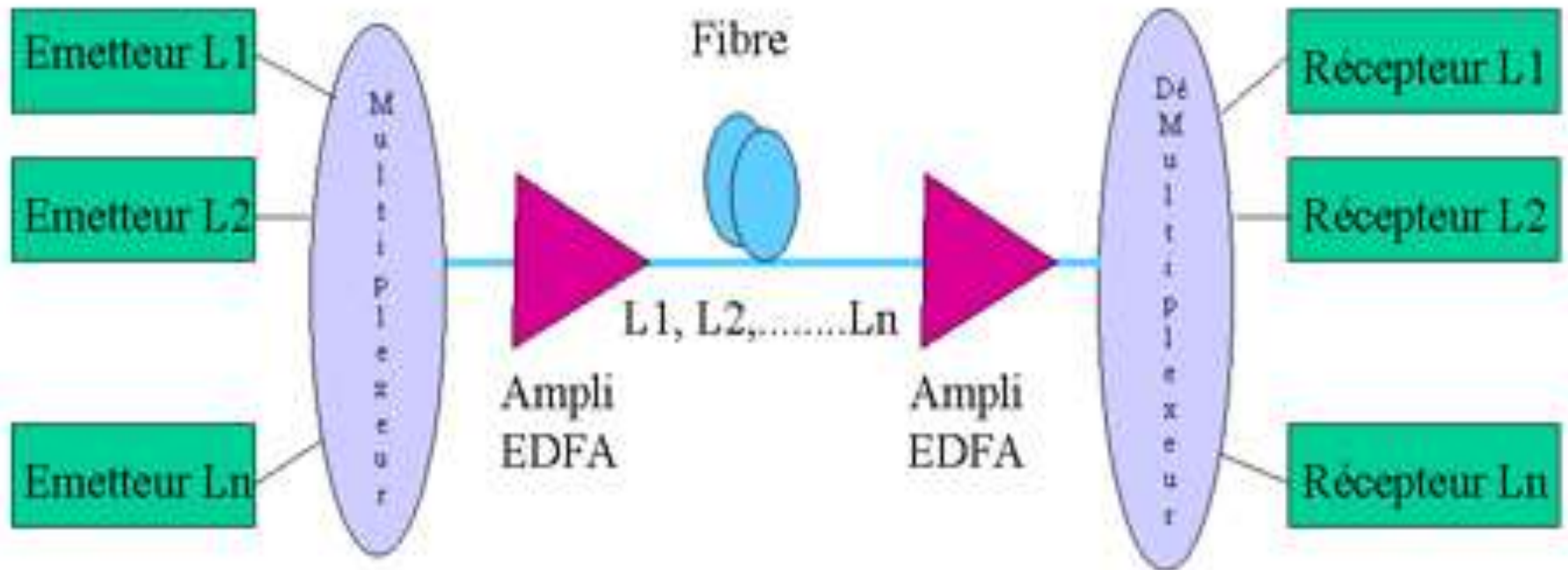
L'idée est d'injecter simultanément dans une fibre optique plusieurs trains de signaux numériques sur des longueurs d'ondes distinctes.

3.1. Les systèmes de transmission

3.1.2. Systèmes de multiplexage

c. Le multiplexage en longueur d'onde

Principe d'une liaison WDM/DWDM



3.2. Les systèmes de commutation

- La **commutation** est, après la transmission, la **deuxième grande fonction** des réseaux de télécommunications.
- En effet, si au début on pouvait se contenter de faire communiquer entre eux quelques usagers, en embrochant leurs postes sur une même ligne (**principe de la ligne partagée**) ou en **les reliant deux à deux par des lignes directes**, cela n'était plus possible lorsque le nombre de personnes susceptibles de communiquer entre elles **dépassait la dizaine**.
- Il était indispensable alors de mettre en oeuvre d'autres moyens : la fonction **commutation s'imposait d'elle-même**.

3.2. Les systèmes de commutation

Définition : La commutation consiste à choisir un chemin particulier

parmi tous les chemins possibles et disponibles permettant de relier deux lignes téléphoniques données, le numéro composé par l'abonné servant d'instructions au commutateur

3.2. Les systèmes de commutation

- **Les différents types de commutation:**
- La commutation de circuits
- La commutation de messages
- La commutation par paquets
- La commutation de trames
- La commutation de cellules

