

Télécommunications et Applications

Pr. Z. Hafdi-Nabti
Département Socle Commun en Sciences et Technologies
z.hafdi@univ-batna2.dz



Semestre: 4-SC_ST

Unité d'enseignement: UED 2.2

Matière: **Télécommunications et Applications**

VHS: 22h30 (Cours: 1h30), Crédits: 1, Coefficient: 1

- **Objectifs de l'enseignement:**

Ce cours vise à broser le tableau des principaux concepts et applications rencontrés en télécommunications.

- **Contenu de la matière :**

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

Références bibliographiques:

1. D. Battu, Initiation aux Télécoms : Technologies et Applications, Dunod, Paris, 2002.
2. P. Clerc, P. Xavier, Principes fondamentaux des Télécommunications, Ellipses, Paris, 1998.
3. G. Barué, Télécommunications et Infrastructure, Ellipses, 2002.

<https://fr.wikipedia.org/wiki/T%C3%A9l%C3%A9communications>

<https://fr.wikipedia.org/>

<http://www.ta-formation.com/acrobat-modules/ondes-antennes.pdf>

<http://helios.mi.parisdescartes.fr/~mea/cours/L3/L3.1.pdf>

<https://fr.scribd.com/doc/38345954/Introduction-a-la-telephonie>

https://bac-sen-bbbcc.pagesperso-orange.fr/Files/introduction_a_la_telephonie.pdf

<http://sen.arbezcarne.free.fr/techno/2.5-TR-Reseau-telephonique-analogique-et-RNIS/rtc.pdf>

<https://fr.wikipedia.org/>

<http://www.emfexplained.info/fra/?page=25196>

https://fr.wikipedia.org/wiki/Radiodiffusion#Longueur_d.27onde_ou_fr.C3.A9quence

<https://www.forumatena.org/files/livresblancs/IntroductionALaradio.pdf>

<https://www.futura-sciences.com/sciences/dossiers/aeronautique-furtivite-169/page/3/>

<http://tpe-furtivite2014-2015.e-monsite.com/pages/le-radar-et-la-ser/a-le-radar-et-son-fonctionnement.html>

Chapitre 1 : Introduction aux Applications des Télécommunications



1. Spectre électromagnétiques et télécommunications

Qu'est-ce qu'un spectre électromagnétique?

Le spectre électromagnétique est une **description de la totalité des rayonnements électromagnétiques** que l'on classe de façon continue:

- ✓ Soit par **fréquence**,
- ✓ Soit par **longueur d'onde**,
- ✓ Soit par **énergie**.

Il est subdivisé en **plusieurs domaines de rayonnement** définissant ainsi **plusieurs applications**.

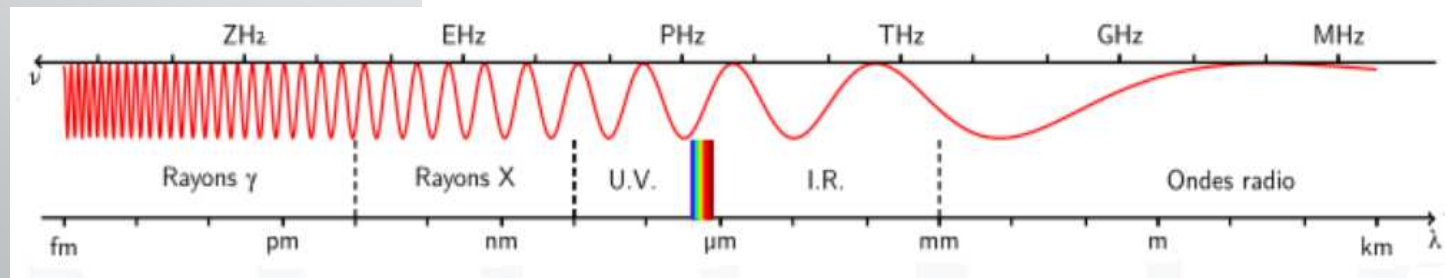
Spectre électromagnétique

Spectre électromagnétique : Radioélectricité · Spectre radiofréquence · Bandes VHF-UHF · Spectre micro-ondes

Fréquence	9 kHz	1 GHz	300 GHz	3 THz	405 THz	480 THz	508 THz	530 THz	577 THz	612 THz	690 THz	750 THz	30 PHz	30 EHz
Longueur d'onde	33 km	30 cm	1 mm	100 µm	745 nm	625 nm	590 nm	565 nm	520 nm	490 nm	435 nm	400 nm	10 nm	10 pm
Bande	ondes radio	micro-ondes	térahertz	infrarouge	rouge	orange	jaune	vert	cyan	bleu	violet	ultraviolet	rayons X	rayons γ
		rayonnements pénétrants			lumière visible							rayonnements ionisants		

Applications des ondes électromagnétiques

OEM	fréquence	λ	applications
rayons X	> 1 THz	<100 nm	imagerie médicale, radiographie
rayons UV	> 1 THz	400 à 100 nm	banc solaire
visible	> 1 THz	780 à 400 nm	vision humaine, photosynthèse
infrarouges	> 1 THz	1 mm à 780 nm	chauffage, détecteurs de présence
EHF	30 à 300 GHz	10 cm à 1 mm	radars, communication par satellite
SHF	3 à 30 GHz	10 à 1 cm	radars, alarmes anti-intrusion
UHF	0,3 à 3 GHz	1 à 0,1 m	TV, radars, GSM, fours à micro-ondes, hyperthermie
VHF	30 à 300 MHz	10 à 1 m	télévision, radio FM
HF	3 à 30 MHz	100 à 10 m	communications, soudage, collage
MF	0,3 à 3 MHz	1 km à 100 m	radiodiffusion MO-PO, diathermie médicale
LF	30 à 300 KHz	10 à 1 km	radiodiffusion GO, fours à induction
VLF	30 à 0,3 kHz	10 à 1000 km	radio-communications, chauffage par induction
ELF	3 à 300 Hz	> 1000 km	transport/distribution de l'électricité, électroménager
quasi statique	0 à 3 Hz	> 1000 km	champs électrique et magnétique terrestre



Qu'est-ce que les télécommunications?



Par quel moyen?

Utilisation **d'équipements informatiques ou électroniques** en association à des **réseaux analogiques ou numériques** comme le téléphone, la télévision, l'ordinateur.

2. Caractéristiques Physiques

Un rayonnement magnétique peut **parfaitement être décrit** dans le cadre:

- ✓ d'un ensemble de **particules décrites par leurs énergies**,
- ✓ d'une somme **d'ondes progressives** où chacune est décrite par:



- son **amplitude**,
- sa **fréquence (longueur d'onde)**.

Dans le vide, on passe d'une grandeur à une autre par les relations fondamentales suivantes:



$$\nu = \frac{1}{T}, \quad \lambda = c \cdot T = \frac{c}{\nu}$$

h=constante de Planck=**6,626E-34 J.s=4,136E-15 eV.s**

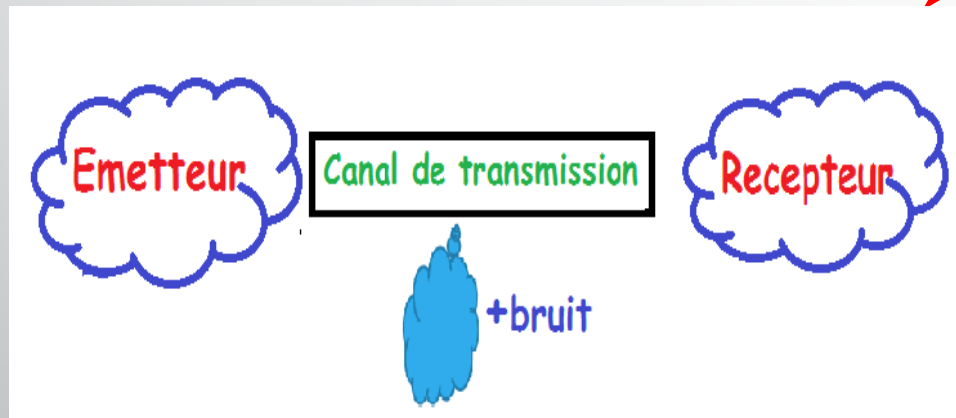
c=vitesse de la lumière=**300 000 km/s**

E=énergie

$$E = h \cdot \nu = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

D'abord quelques définitions très importantes:

- ✓ Signal: grandeur variable porteuse d'information. L'information portée peut être de type **analogique ou numérique**.
- ✓ Canal de transmission: support (**physique ou non**) qui canalise ou **transmet** l'information depuis une source ou **émetteur** vers un destinataire ou **récepteur** avec un **minimum d'erreurs**.



- On doit tenir compte **des capacités du canal** et ses limitations pour étudier le reste de la chaîne. On distingue:
 - Les liaisons câblées: **fils** parallèles ou torsadés, câbles coaxiaux, guides d'ondes, fibres optiques,
 - Les liaisons hertziennes: qui nécessitent **des antennes** en **émission et en réception**.

✓ Capteur: dispositif qui transforme une grandeur **physique** en une **grandeur électrique**.

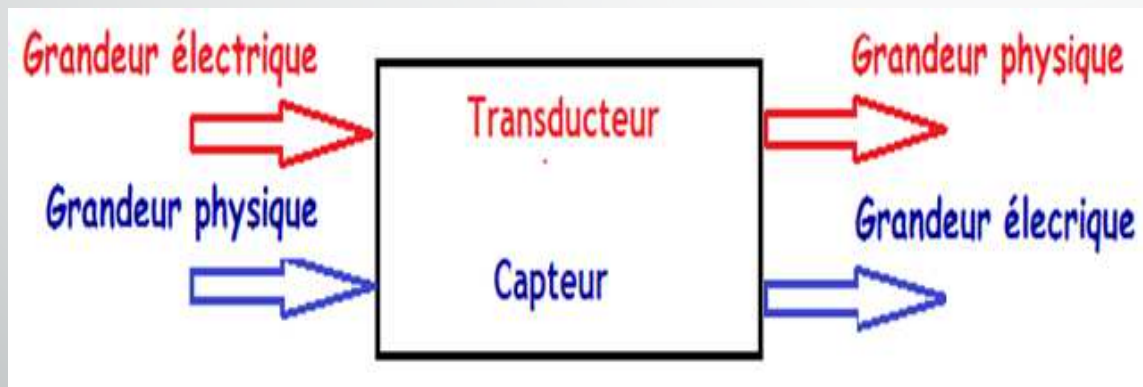
✓ Codage: transformer des données selon un code.

✓ Modulation: transformation de la forme originale d'un signal en une forme adaptée à un canal de transmission.

✓ Transducteur: dispositif convertissant un signal électrique en une grandeur physique.

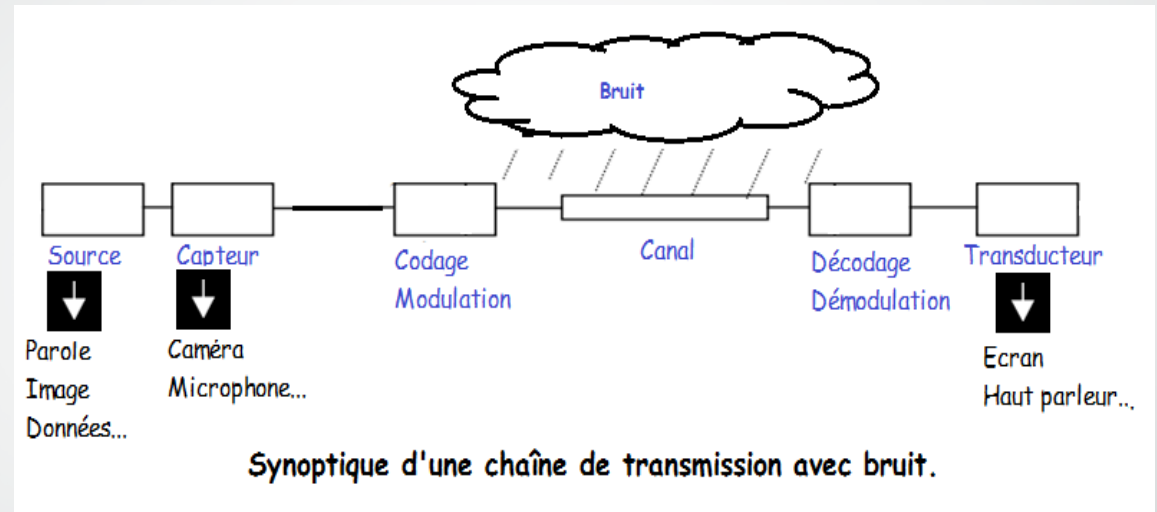
✓ Antenne: dispositif permettant de **capter** (recevoir) ou

rayonner (émettre) les ondes électromagnétiques.



3. Synoptique général d'un système de télécommunications

✓ Généralement, on ne peut pas **transmettre directement** les signaux sur les supports de transmission à **grande distance**, c'est-à-dire les transmettre dans leur "**bande de base**".



Problème:

➤ Si on veut transmettre par **ondes Hertziennes** (espace libre), quel sera **le moyen?** quelles antennes faut-il choisir? **de quelles dimensions?**

3. Synoptique général d'un système de télécommunications

Réponse:

Si on considère que les dimensions des antennes sont à peu près de l'ordre de grandeur de la longueur d'onde λ associée à l'onde électromagnétique émise,

✓ Un signal haute fréquence (HF) est facilement transmissible

✓ Est-ce le cas pour un signal basse fréquence (BF)?

✓ Exemple: $f=1\text{kHz}$ (BF) donc $\lambda=c/f=3.10^8/10^3=$ 300km!



Imaginez une antenne de 300 km de dimensions !

Refaire le même calcul avec un signal HF de $f=2\text{MHz}$. Conclure.

La solution est donc:

La modulation = translation du signal BF à transmettre vers les hautes fréquences pour pouvoir le transmettre.

✓ Le signal H.F est appelé **porteuse**

✓ Le signal B.F est appelé signal **modulateur** ou **modulant**.

4. Réseau de communication

- ✓ Un **réseau de communication** peut être défini comme étant l'ensemble des ressources comprenant **matériels et logiciels** liées à la **transmission** et **l'échange** d'information **entre différentes entités**.
- ✓ Ces entités définissent cet échange selon **cinq paramètres**:
 - **organisation,**
 - **architecture,**
 - **distances,**
 - **vitesse de transmission,**
 - **nature des informations** transmises.

4. Classification des réseaux de communication

Si on classe ces réseaux selon les paramètres **type d'informations transportées** et **nature des entités impliquées**, on distingue ainsi **trois principales catégories de réseaux**:

- ✓ Les réseaux de **télécommunications**
- ✓ Les réseaux **téléinformatiques**
- ✓ Les réseaux de **télédiffusion**

4. 1. Réseaux de télécommunications

Etant Les plus anciens, ils sont chargés d'acheminer **les communications vocales** entre individus.

Exemple:

Réseau Téléphonique Commuté Public (réseau téléphone fixe construit par un opérateur public (*Public Switched Telephone Network, STN*)).

4. 2. Réseaux téléinformatiques

Comme leur nom indique, il s'agit d'établir des liaisons entre **équipements informatiques** tels que les **ordinateurs**, **les serveurs** (dispositifs informatiques pour la gestion de réseaux), **les imprimantes**.....

Objectifs:

- ✓ **Partage** de ces **ressources informatiques**,
- ✓ **Partage de données binaires** issues d'applications informatiques telles les navigateurs internet, base de données....

Exemple:

Internet, réseaux locaux d'entreprises.

4. 2. Réseaux de télédiffusion

Plus récents, ces réseaux assurent la diffusion de canaux de télévision (TV) entre et les particuliers.

On distingue:

- ✓ Les réseaux de **distribution terrestre**,
- ✓ Les réseaux **satellites**.



« Dans toute science les règles servent peu sans
un exercice continuel »

Proverbe italien ; Les proverbes, adages et expressions italiennes (1826)

Chapitre 2 : Introduction à la téléphonie



1. Introduction à la téléphonie fixe

1. 1. Principe de la téléphonie analogique

✓ La téléphonie, telle que **initialement** conçue, est le moyen par lequel **la voix humaine est transmise** entre deux lieux **distants l'un de l'autre**, en utilisant **des lignes électriques**.

Un réseau de téléphonie fixe comprend:

- ✓ des terminaux=téléphone, fax, répondeur....
- ✓ des systèmes centraux=commutateurs téléphoniques,
- ✓ des serveurs annexes pour des fonctionnalités spécifiques,
- ✓ Les liaisons entre ces équipements=câbles, fibres optiques....



1. 1. Principe de la téléphonie analogique

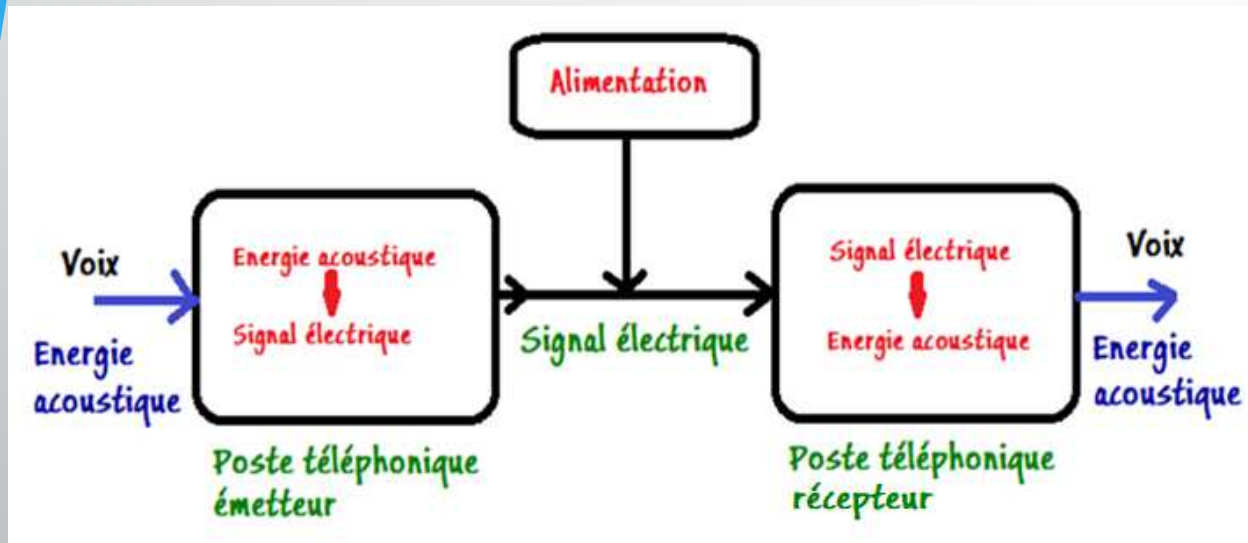
✓ Une liaison téléphonique est constituée de:

✓ Une **source d'énergie électrique** comme alimentation,

■ Deux postes téléphoniques **émetteur-récepteur**,

■ Une **ligne** pour acheminer les signaux.

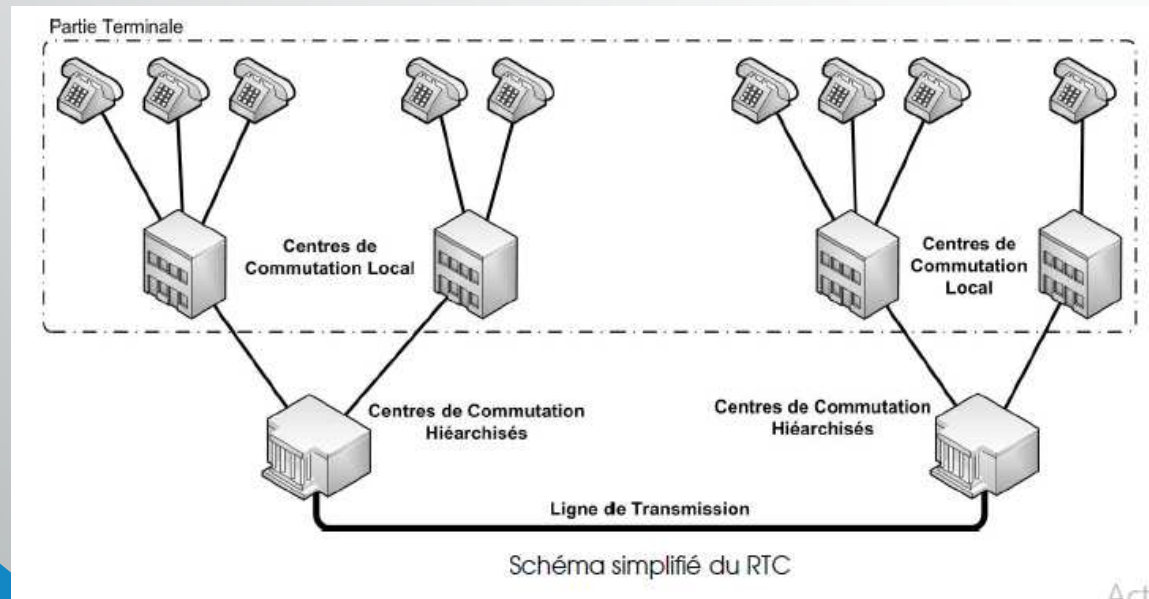
✓ La source d'alimentation des postes téléphoniques est installée au central Téléphonique.



1. 2. Réseau téléphonique commuté (RTC)

Le RTC est constitué de **nœuds (commutateurs)** qui s'échangent des informations au moyen de **protocoles de communications normalisés**.

- ✓ Dans ce réseau, les communications entre abonnés se font de deux manières:
 - Par utilisation du **réseau public RTC**, il s'agit de **communication extérieures**,
 - Au niveau d'une **même entreprise** dans un cadre de **communications internes** via un **autocommutateur privé**.



- ✓ Ces **commutateurs** étaient connectés **d'abord manuellement**, puis via **l'électrotechnique, l'électronique et l'informatique**.
- ✓ Ils sont reliés par **des voies de transmission** de type **câbles coaxiaux, fibres optiques...**

1. 3. Types de commutateurs

- ✓ **Commutateur à Autonomie d'Acheminement (CAA)**, appelé aussi **commutateur local**: met en relation les clients d'une même zone géographique et traite les numéros d'urgence.
- ✓ **Commutateur régional** ou **centre de transit**: fait passer les appels régionaux via le commutateur local. Il gère les communications d'un CAA à un autre.
- ✓ **Centre de transit international**: gère les appels internationaux.



II. Introduction au réseau de téléphonie mobile

I. Définitions:

- ✓ Ondes radioélectriques ou hertziennes= ondes dont la fréquence est par convention inférieure à **300 GHz** et supérieure à **1mm**, entre **9 kHz** et **300 GHz** ce qui correspond à des longueurs d'onde de **33 km** à **1 mm**.
- ✓ Station de base (antenne relais)= **équipement** installé sur un site avec une **antenne émettrice-réceptrice** pour avoir **accès à un réseau** de télécommunication et **rendre possible** la communication entre **appareils mobiles**.
- ✓ Radiotéléphonie= transmission de la voix à l'aide **d'ondes radioélectriques**.
- ✓ Téléphonie mobile= moyen de télécommunication par **téléphone sans fil** fondé sur la **radiotéléphonie** entre une station de base qui peut **couvrir une zone géographique (cellule)** de **plusieurs dizaines de kilomètres de rayon** et le téléphone mobile de l'utilisateur.

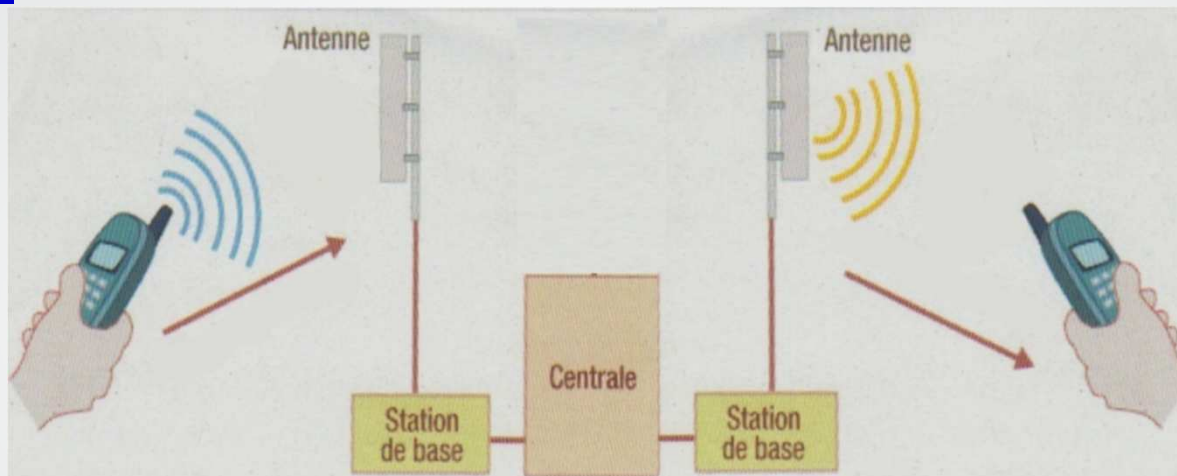
II. Qu'est-ce qu'un réseau de téléphonie mobile?

- ✓ C'est un réseau téléphonique qui permet la communication entre **un grand nombre de téléphones sans fil**, dans **des conditions de distances et de mouvements** très variées et selon **des techniques** bien déterminées.
- ✓ Avec sa structure cellulaire, il a la capacité de:
 - Réutiliser les **mêmes fréquences plusieurs fois**,
 - **Changer de cellule sans coupure** de communication **en cours (handover)**.

III. Critères d'emplacement d'une antenne relais

- ✓ **Topographie et d'autres contraintes physiques**= arbres, immeubles...
 - ✓ **Capacité de la cellule**= nombre d'appels estimés
- ✓ **Fréquence radio** de fonctionnement de l'antenne relais.

IV. Fonctionnement



- ✓ Un téléphone mobile fonctionne en **envoyant et en recevant** des signaux radio.
- ✓ **Les antennes relais** (antennes d'émetteurs-récepteurs radio) de téléphonie mobile assurent **l'émission et la réception** de ces signaux,
- ✓ Ces antennes relais sont **reliées aux réseaux de téléphonie mobile et de téléphonie fixe** et acheminent les communications vers ces réseaux.

V. Normes

+ la 5G: déploiement 2020
débits dépassant de 2 ordres de
grandeur la 4G avec des temps de
latence (délais de transmission) très
courts, une haute fiabilité.

Les normes principales de téléphonie mobile utilisées en Europe

Génération	Acronyme	Intitulé
1G	Radiocom 2000 NMT	Radiocom 2000 Nordic Mobile Telephone
2G	GSM CDMA	Global System for Mobile Communication Code Division Multiple Access
2.5G	GPRS	General Packet Radio Service
2.75G	EDGE	Enhanced Data Rate for GSM Evolution
3G	CDMA 2000 1x EV UMTS, WCDMA	Code division multiple access 2000 1X Evolution Universal Mobile Telecommunications System
3.5G	HSDPA HSUPA	High Speed Downlink Packet Access High Speed Uplink Packet Access
3.75G	HSPA+	évolution du « High Speed Packet Access »
4G	LTE WiMAX	Long Term Evolution Worldwide Interoperability for Microwave Access
4G+	LTE Advanced	perfectionnement du « Long Term Evolution »



« Le doute est le chemin qui mène à la science »

Proverbe français ; Le recueil d'apophtegmes et axiomes (1855)



Chapitre 3: Introduction à la radiodiffusion et la télévision

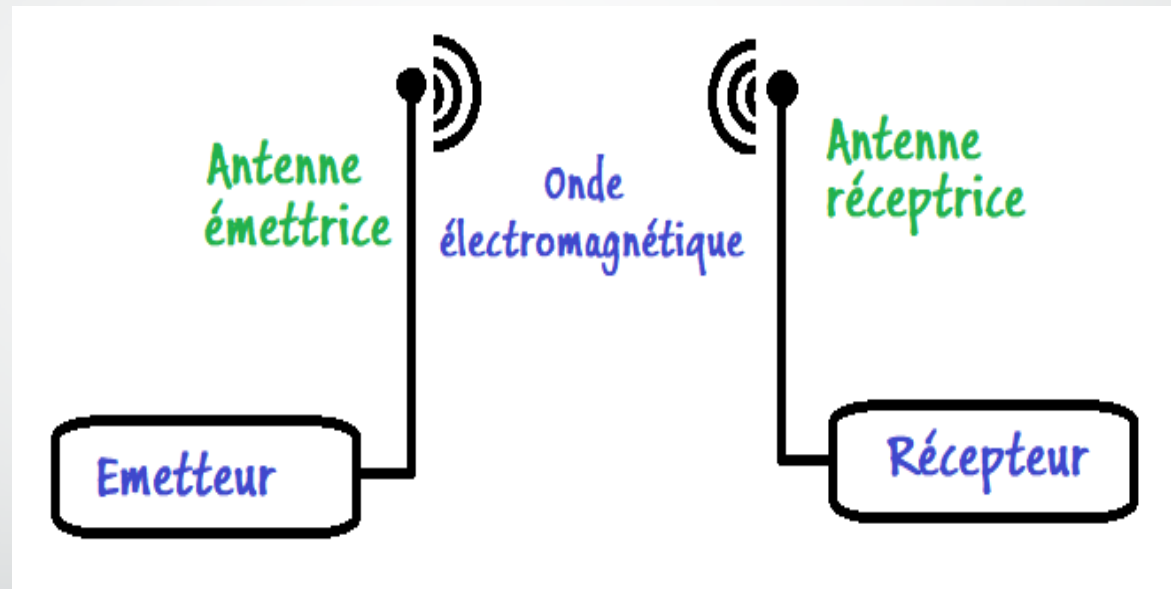
1. Radiodiffusion

Définition

- ✓ La radiodiffusion d'un signal est une opération d'émission par **ondes électromagnétiques**, le récepteur étant le public.
- ✓ Cette opération comprend des émissions **sonores**, des émissions de **télévision** ou autres.
- ✓ Souvent on entend par le terme « **radio** » une émission entre **émetteur radio et poste radio**.

Principe d'une liaison radio

- ✓ Au niveau de **la sortie du récepteur**, est récupéré le **même** signal que celui à **l'entrée de l'émetteur**.
- ✓ Au niveau de l'antenne réceptrice, le signal est **faible** à cause des perturbations. Il doit être **amplifié**.



Antenne radioélectrique



- ✓ Dispositif essentiel en radioélectricité, elle convertit l'énergie électrique en une énergie électromagnétique transportable par une onde électromagnétique (ou inversement).
- ✓ c'est une antenne qui doit **répondre** à un certain nombre **de critères** tels que, entre autres, **le gain** et **le rayonnement** (couverture étendue).
- ✓ Sa portée est d'autant plus grande qu'elle est installée en hauteur pour éviter les obstacles.

Antenne radioélectrique



- Les caractéristiques principales d'une antenne sont :
- ✓ les **fréquences d'utilisation** pour émission ou réception optimale,
 - ✓ le **diagramme de rayonnement**,
 - ✓ l'**impédance d'antenne** pour un meilleur transfert d'énergie
 - ✓ la **polarisation**,
 - ✓ le **rendement**,
 - ✓ la **puissance maximale tolérée** en émission,
 - ✓ l'**encombrement mécanique**.

I. Télévision

Définition

- ✓ Est connu sous le terme de « télévision » **toutes les techniques** dont le rôle est **d'émettre et de recevoir** des programmes **audiovisuels à distance**.
- ✓ Des procédés **analogiques** ou **numériques** décrivent ces programmes.
- ✓ Leur transmission se fait par **réseaux câblés** ou par **ondes électromagnétiques**.
 - ✓ La télévision permet la diffusion:
 - par **ligne** (courant électrique),
 - Par voie **hertzienn**e (onde),
 - Par **internet**.

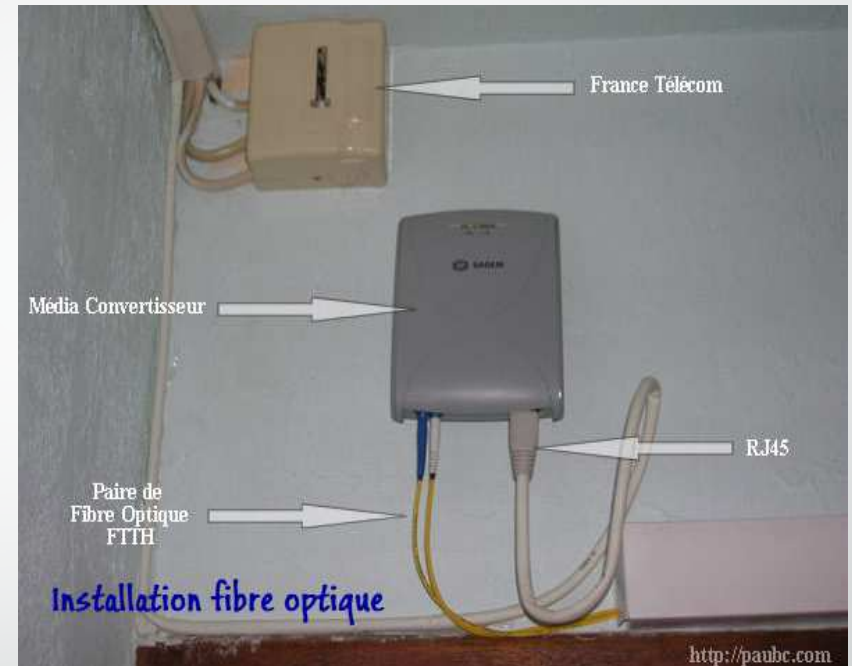
Moyens de diffusion

- ✓ Télévision:
 - Télévision **analogique terrestre**
 - Télévision **numérique terrestre**
- ✓ Télévision par **câble**
- ✓ Télévision par **satellite**
- ✓ Télévision par **ADSL** ou fibre optique FTTH sur réseau d'opérateur télécom
- ✓ Web TV et flux vidéo, streaming
- ✓ Télévision par MMDS
- ✓ Télévision sur téléphone mobile
- ✓ Télévision amateur



Pour plus de détails sur le contenu et sur la terminologie, se référer à:

[https://fr.wikipedia.org/wiki/T%C3%A9l%C3%A9vision#Standards de diffusion](https://fr.wikipedia.org/wiki/T%C3%A9l%C3%A9vision#Standards_de_diffusion)





« L'esprit, sans science, s'use comme le reste »

Proverbe français ; Le recueil d'apophtegmes et axiomes (1855)

Chapitre 4: Autres applications des télécommunications: Les radars





1. Définition

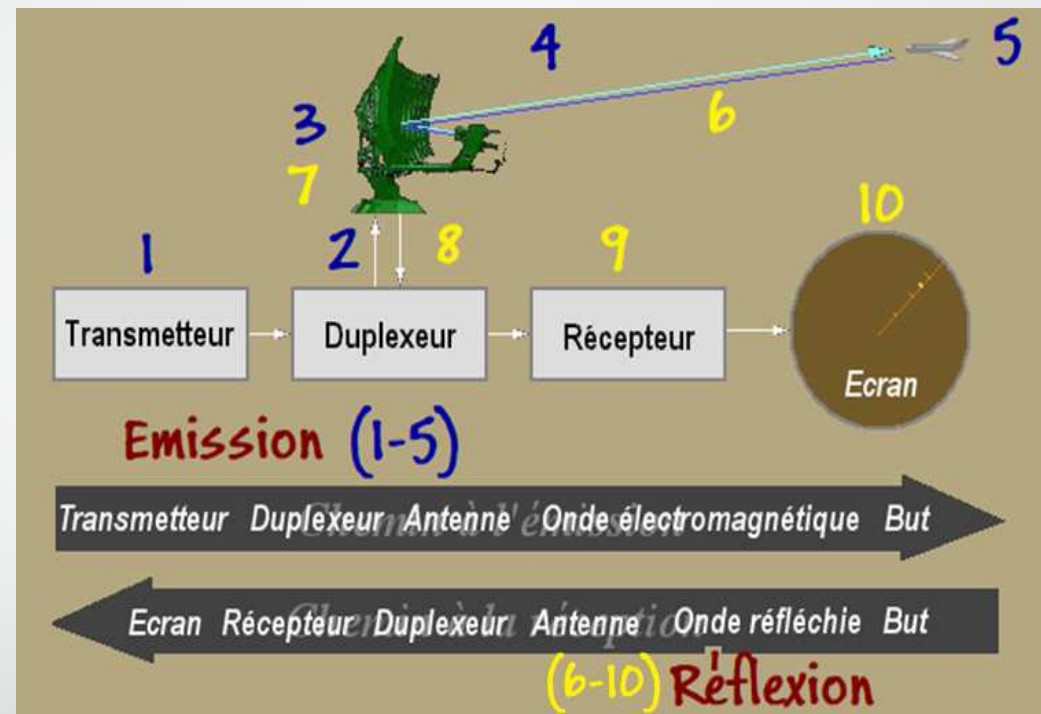
RADAR= **RA**dio **D**etection **A**nd **R**anging=Détection et Télémétrie radio

- ✓ C'est un système qui utilise **les ondes électromagnétiques** pour:
 - **détecter la présence** et
 - déterminer **la position et la vitesse** d'objets (pluie, avions, bateaux...)

- ✓ Le radar est utilisé dans de nombreux domaines: aéronautique, militaire, météorologie, maritime, sécurité rotifère, système de sécurité, scientifique...

Principe de fonctionnement

- ✓ Les ondes envoyées par l'émetteur sont réfléchies par la cible, puis captées et analysés par le récepteur, souvent situé au même endroit que l'émetteur.
- ✓ La distance est obtenue grâce au temps aller/retour du signal,
- ✓ La direction grâce à la position angulaire de l'antenne où le signal de retour a été capté,
- ✓ la vitesse avec le décalage de fréquence du signal de retour généré



Duplexeur = dispositif électronique permettant l'utilisation d'une même antenne pour l'émission et la réception. C'est un commutateur qui relie alternativement l'antenne à l'émetteur puis au récepteur radio.

Plages de fréquences radar

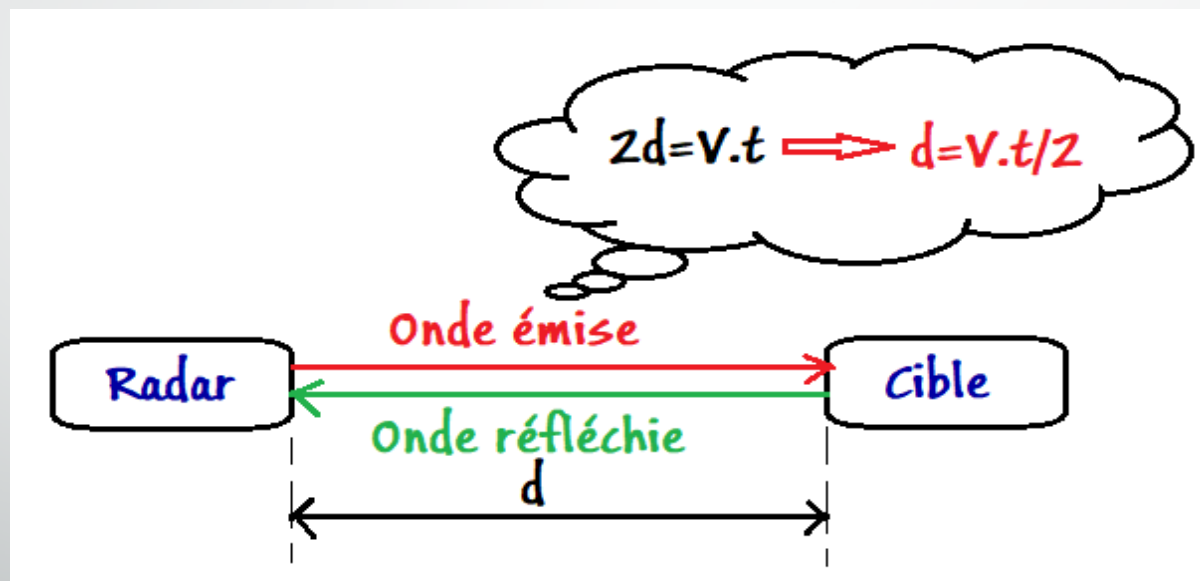
Nom de bande	Plage de fréquences	Longueurs d'onde	Commentaires
HF	3-30 MHz	10-100 m	Pour high frequency (haute fréquence). Utilisée par les radars côtiers et les radars « au-delà de l'horizon ».
P	< 300 MHz	1 m+	Pour précédent : appliquée <i>a posteriori</i> aux radars primitifs
VHF	50-330 MHz	0,9-6 m	Pour very high frequency (très haute fréquence). Utilisée par les radars à très longue portée et par ceux à pénétration de sol.
UHF	300-1 000 MHz	0,3-1 m	Pour ultra high frequency (ultra haute fréquence). Radars à très longue portée (ex. détection de missiles balistiques), pénétration de sol et de feuillage.
L	1-2 GHz	15-30 cm	Pour long . Utilisée pour le contrôle aérien de longue portée et la surveillance aérienne, le GPS (et donc les radars passifs se basant dessus).
S	2-4 GHz	7,5-15 cm	Pour short (court). Utilisée par les radars de trafic aérien local, les radars météorologiques et navals.
C	4-8 GHz	3,75-7,5 cm	Compromis entre les bandes S et X pour les transpondeurs satellitaires et les radars météorologiques.

Plages de fréquences radar

X	8-12 GHz	2,5-3,75 cm	Pour les radars météorologiques, le contrôle de vitesse routière, les autodirecteurs de missiles , les radars de navigation, les radars à résolution moyenne de cartographie et la surveillance au sol des aéroports.
K _u	12-18 GHz	1,67-2,5 cm	Fréquence juste sous K (indice 'u' pour « <i>under</i> » en anglais) pour les radars de cartographie à haute résolution et l'altimétrie satellitaire.
K	18-27 GHz	1,11-1,67 cm	De l'allemand <i>kurz</i> (court). Très absorbées par la vapeur d'eau, K _u et K _a sont utilisées pour la détection des gouttelettes de nuages en météorologie et dans les radars routiers (24,150 ± 0,100 GHz) manuels.
K _a	27-40 GHz	0,75-1,11 cm	Fréquence juste au-dessus de K (indice 'a' pour « <i>above</i> » en anglais) pour la cartographie, la courte portée, la surveillance au sol des aéroports, les radars routiers (34,300 ± 0,100 GHz) automatisés, et les radars anti-collision montés sur les voitures haut de gamme.
mm	40-300 GHz	1 - 7,5 mm	Bande millimétrique subdivisée en quatre parties :
Q	40-60 GHz	5 mm - 7,5 mm	Utilisée pour les communications militaires.
V	50-75 GHz	6,0 - 4 mm	Très fortement absorbée par l'atmosphère.
E	60-90 GHz	6,0 - 3,33 mm	
W	75-110 GHz	2,7 - 4,0 mm	Utilisée comme radar anti-collision automobile et pour l'observation météorologique à haute résolution et de courte portée.

Exemple: Principe de calcul de la distance

- ✓ La distance est calculée à partir du **temps aller-retour t** d'une **brève impulsion radioélectrique** émise et de **sa vitesse de propagation v** .
- ✓ Chaque impulsion revenant au radar aura parcouru deux fois la distance radar-cible (**$2d$**).





« Finie est la science, infini le mystère »

Proverbe latin ; Les proverbes et dictons latins (1757)