



Les fondamentaux en Télécommunications

Filière SMP - Cycle Licence - Semestre 6



Objectifs

- Acquérir les connaissances fondamentales dans le domaine des Télécommunications
- Comprendre les bases des communications analogique et numérique
- Comprendre les concepts fondamentaux pour les principaux supports physiques de transmission

Qu'est ce que la télécommunication ?

La transmission d'informations qui permet la communication entre des personnes séparées par la distance.



Exemples de télécommunications

- Système téléphonique
- Système de communication satellitaire
- Système cellulaire mobile
- Systèmes radar et sonar
- Systèmes radio micro-ondes
- Systèmes de diffusion TV et radio

Trois unités de Télécommunication

- 1) Un **émetteur** qui prend les informations et les convertit en un signal.
- 2) Un **support de transmission**, également appelé «canal physique» qui transporte le signal.
- 3) Un **récepteur** qui prend le signal du canal et le convertit en informations utilisables.

Emetteur

Toutes sources ou capteurs de natures physiques variables, sous forme analogique ou numérique (voix, caméra vidéo, fichier électronique ...) :



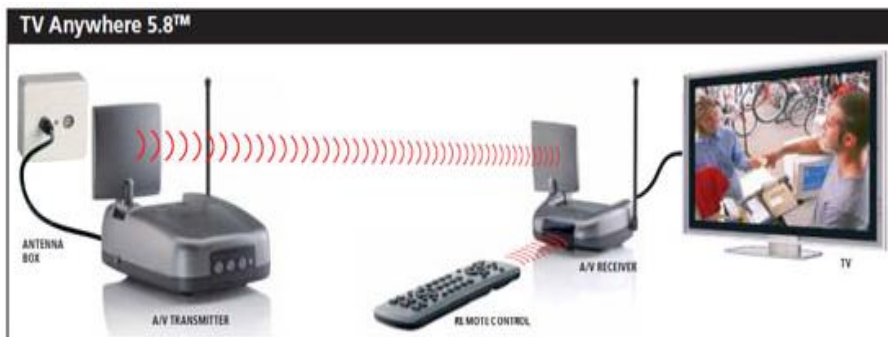
Support de transmission

Il est chargé de transférer les informations de la source à la destination (air, lignes métalliques, fibre optique ...) :



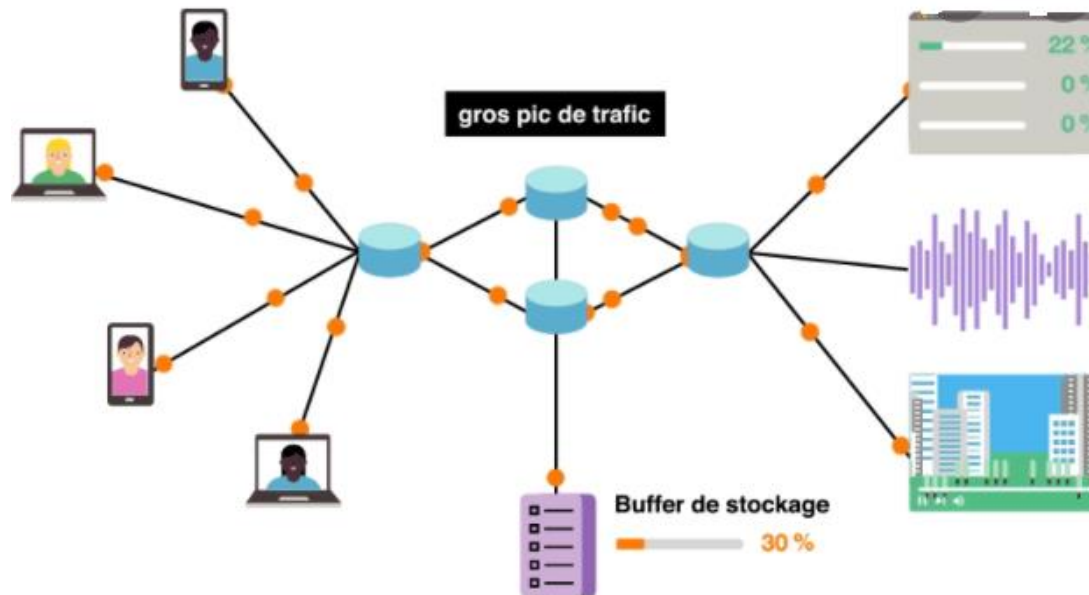
Récepteur

Il prend le signal du canal et le convertit en informations utilisables (haut-parleur, écran d'ordinateur ou de portable ...) :

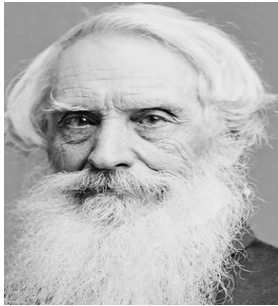


Réseau de télécommunication

Il représente tous les acteurs qui rendent la communication possible, des émetteurs et récepteurs aux supports de communication permettant la transmission des messages.



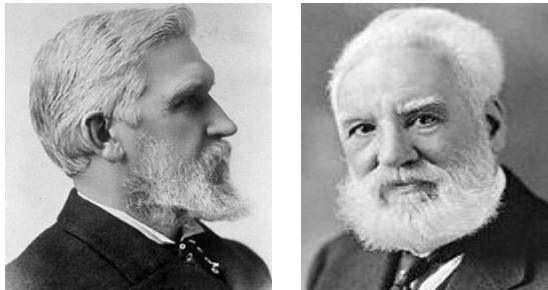
Historique des Télécommunications



Morse

1832

Mise au point du
Télégraphe



Gray & Bell

1876

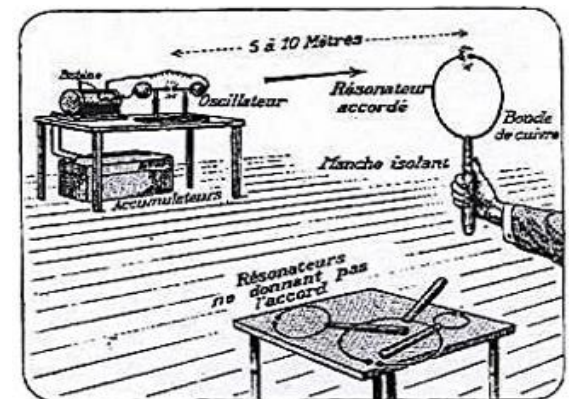
Invention du Téléphone



Hertz

1887

Démonstration de
l'existence des ondes
radios



Historique des Télécommunications



Fessenden - Popov - Marconi

1900...

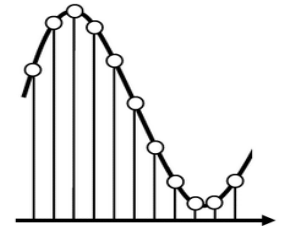
Radio,
1^{ères} Transmission d'ondes radio
longues distances



Nyquist & Shannon

1928

Théorie de l'échantillonnage



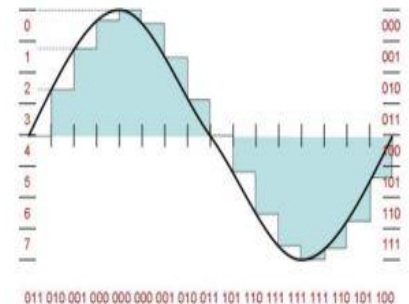
$$F_e \geq 2 F_{max}$$



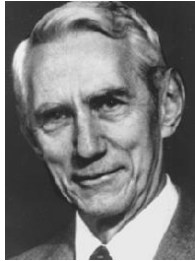
Reeves

1937

Pulse Code Modulation
⇒ Transmission numériques



Historique des Télécommunications



Shannon

1948

Théorie de la capacité du canal

$$C = W \log_2 \left(1 + \frac{P_S}{P_N} \right)$$

s'exprime en **bits/s**

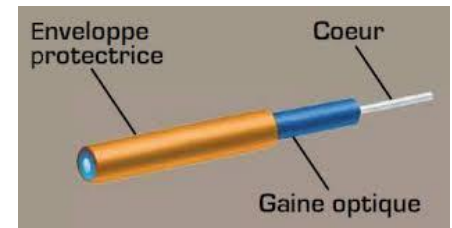


Keck - Maurer - Schultz

1970

Production de la 1^{ère} fibre optique
(pertes de 20 dB/Km)

⇒ utilisation dans les réseaux de
Télécommunications



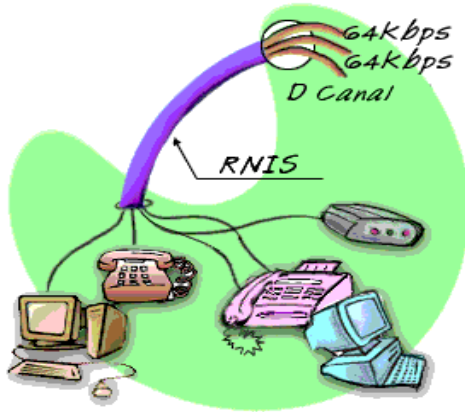
- **NMT** : Nordic Mobile Telephony
- **AMPS** : Advanced Mobile Phone Service

1980/1981

Téléphones mobiles analogiques
1^{ère} génération



Historique des Télécommunications



1988

Réseau Numérique à Intégration de Services (RNIS)

1990

Internet, World Wide Web



1991

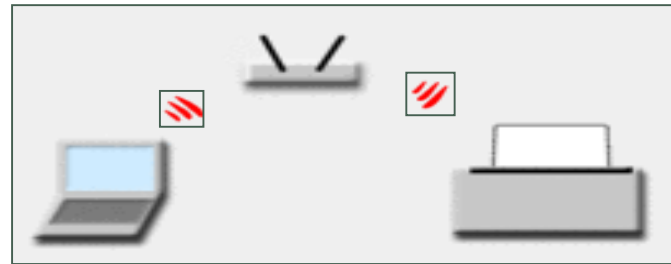
Téléphones mobiles numériques de 2ème génération (GSM/IS-54)



Historique des Télécommunications

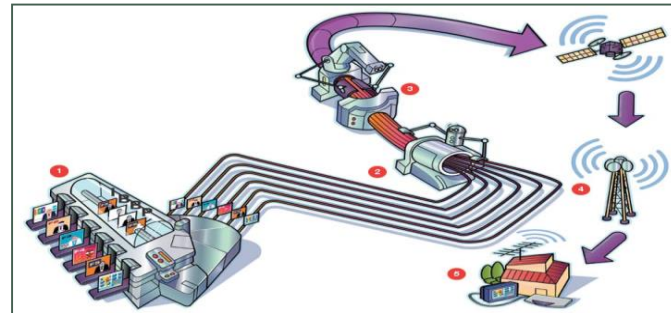
1999

Naissance du Wifi
Réseaux locaux sans fil
bande de fréquence 5 GHz



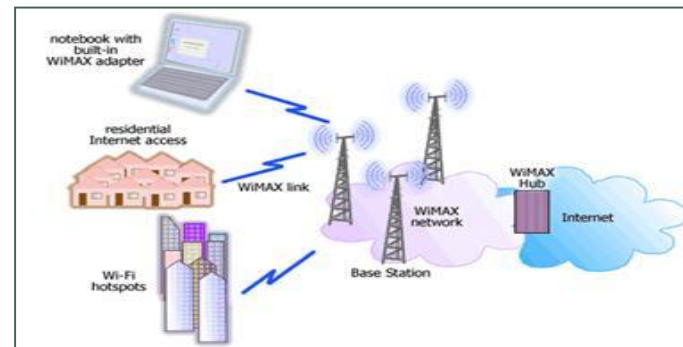
2000

Apparition de la télévision numérique terrestre (TNT)



2001

Naissance WiMAX
Réseaux métropolitains sans fil utilisant des fréquences > 10 GHz



Historique des Télécommunications

2002

Déploiement du premier réseau commercial UMTS
Technologies de téléphonie mobile **3G**

2008

1^{ère} version de la norme LTE standardisée par le **3GPP**

2010

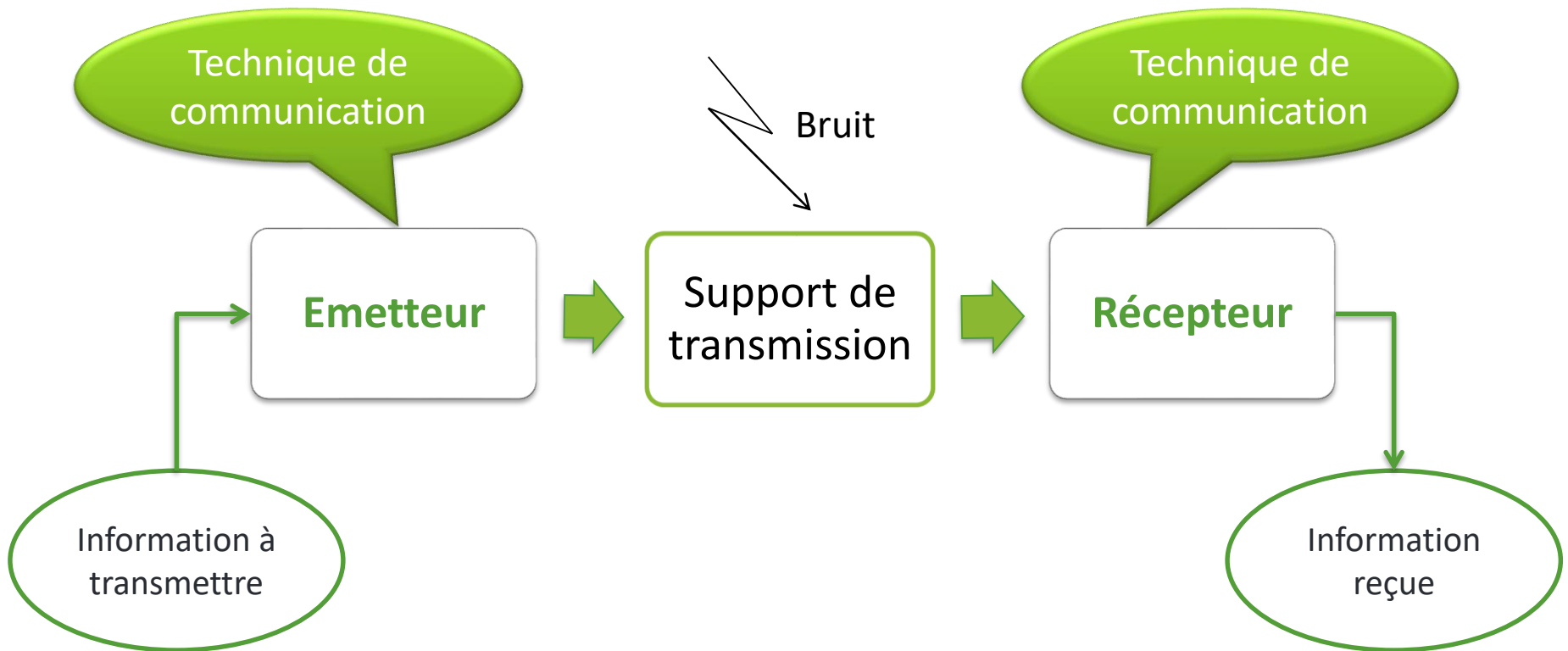
Commercialisation des technologies « **4G** » IMT-Advanced :
LTE-Advanced, Gigabit WiMAX

Début des tests de la **5G** en **2015**

La **6G** intégrera la 5G avec les réseaux satellite
pour les communications mobiles

La **7G** des réseaux sans fil mobiles vise
à acquérir l'espace roaming

Chaîne de transmission



Information à transmettre

Elle peut être soit :

- **Données numériques :**



grandeurs abstraites



- **Données analogiques :**

(ex. voix humaine)

ou

logiques :

(ex. tension électrique)



Sortie d'un comparateur



**grandeurs physiques
(signaux)**

Support de transmission

Il peut être soit :



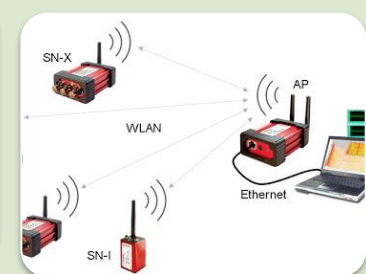
Câble
+
signal
électrique



Fibre optique
+
faisceau
lumineux



Guide d'ondes
+
ondes électro-
magnétiques
ou
acoustiques



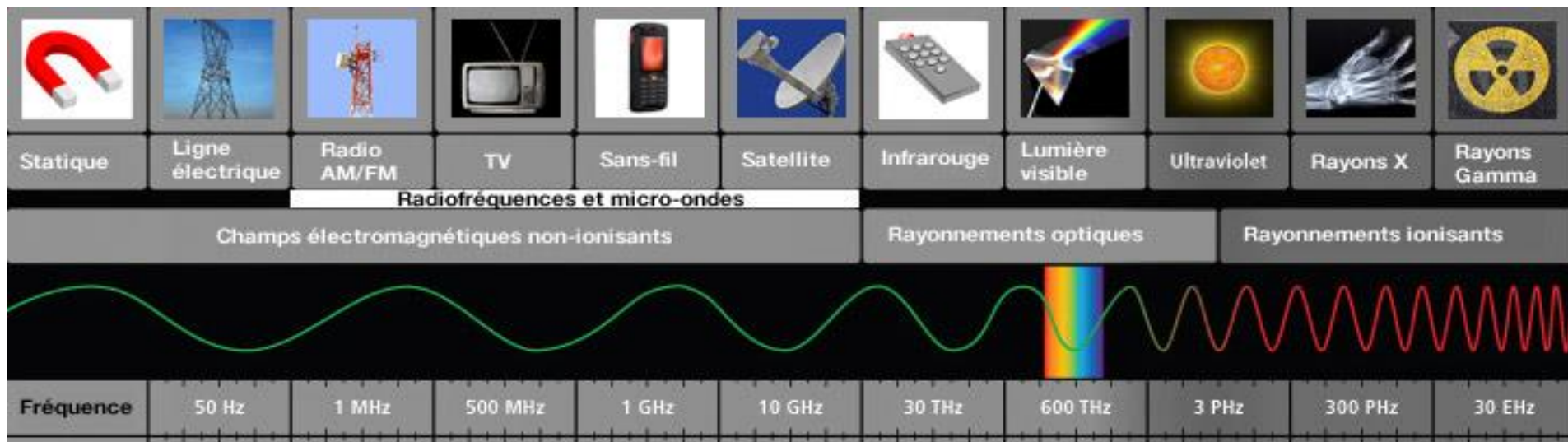
Air
+
onde électro-
magnétique

Transmission guidée

Transmission non Guidée

Spectre des ondes électromagnétiques

Répartition des ondes électromagnétiques en fonction de leur fréquence :



$$1 \text{ GHz} = 10^9 \text{ Hz}$$

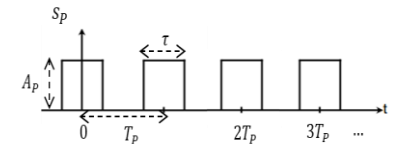
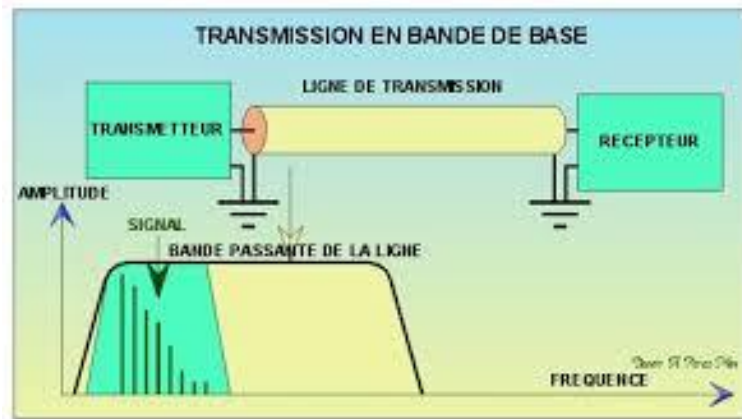
$$1 \text{ THz (Térahertz)} = 10^{12} \text{ Hz}$$

$$1 \text{ PHz (Petahertz)} = 10^{15} \text{ Hz}$$

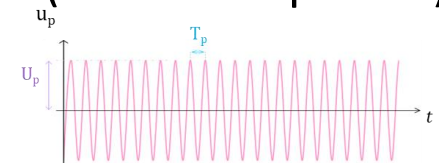
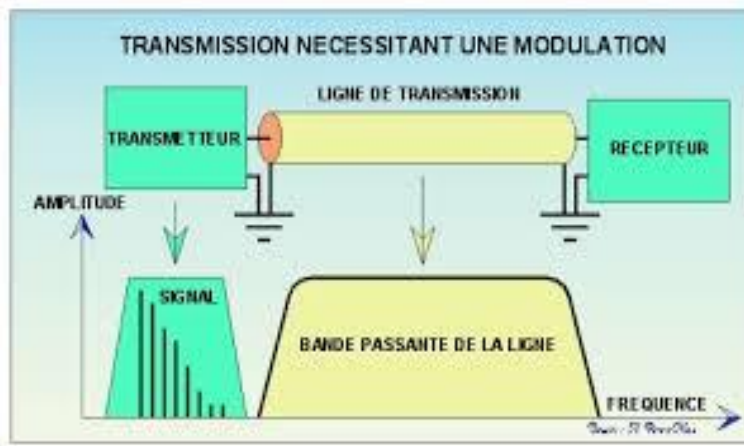
$$1 \text{ EHz (Exahertz)} = 10^{18} \text{ Hz}$$

Techniques de transmission

- * **Transmission en Bande de Base : porteuse numérique BF (Basse Fréquence)**



* **Transmission en Bande Transposée** porteuse analogique HF (Haute Fréquence)



Transmission en bande de base

- La transmission en bande de base consiste à transférer le signal directement après l'application d'un codage simple (**porteuse numérique BF**) **sans modification** préalable du spectre du signal au niveau de l'émetteur.
- La transmission se fait en propagation **guidée** en **courte distance** : câble coaxial, paire torsadée, fibre optique, ...
- C'est le cas des liaisons Ethernet, série RS232, USB, RNIS en téléphonie pour les signaux numériques .

Transmission en bande de base

■ Avantages :

- Émetteurs et récepteurs simples donc peu coûteux,
- Possibilité de multiplexage temporel
- Performant, car utilisé principalement dans les réseaux locaux où la fréquence de transfert est importante.

■ Inconvénients :

- Sensibilité aux parasites
- Transmission par câble ou fibre optique ➡ coût élevé
- Impossibilité de partage direct d'un même canal par plusieurs sources
- Impossibilité de transmission à l'air libre
- Le signal dans ce mode doit être régénéré, par l'intermédiaire de répéteur, sur de grande distance.

Transmission en bande transposée

- On appelle transmission en bande transposée une transmission avec **modification** préalable du spectre du signal à transmettre en utilisant la modulation d'une onde **porteuse analogique HF**.
- Le mode large bande est employé principalement pour des transferts **longues distances** en **propagation guidée** : câble coaxial, paire torsadée, fibre optique **ou non guidée** : faisceaux hertziens.
- C'est le cas de la télévision analogique hertzienne ou par satellite, téléphonie sans fil (DECT), télévision numérique par satellite, radiocommunications avec les mobiles ...

Transmission en bande transposée

■ Avantages :

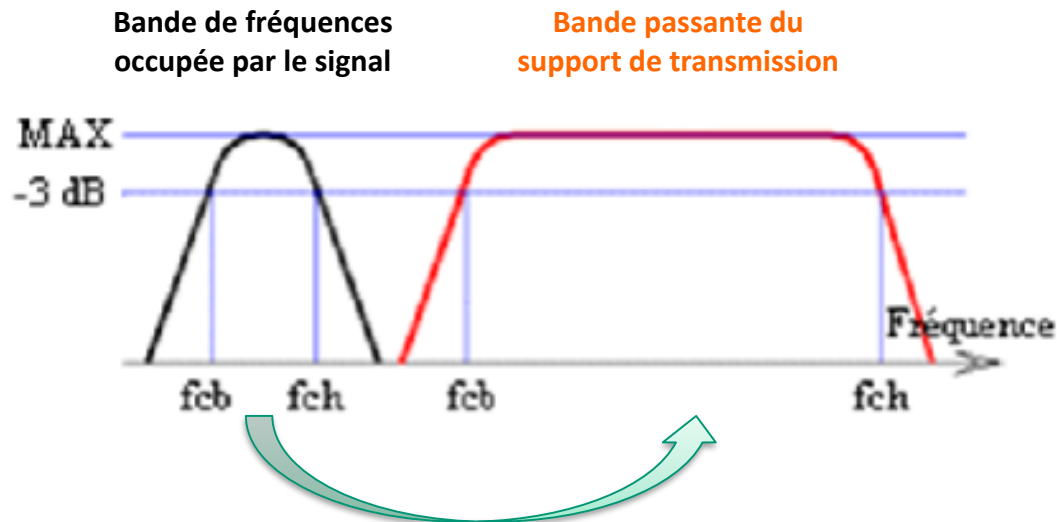
- Adaptation du signal modulé aux caractéristiques fréquentielles du support de transmission
- Rayonnement possible dans une antenne
- Transmission possible à longue distance (ex: satellites)
- Moindre sensibilité au bruit et parasites externes
- Transmissions simultanées : possibilité de multiplexage fréquentiel

■ Inconvénients :

- Systèmes plus complexes : risque d'augmentation de la dégradation du signal due aux équipements
- Bande de fréquences à l'émission plus importante que celle du message

4 raisons pour moduler un signal

- 1) Le spectre du signal informatif est en dehors du spectre de la bande passante du support de transmission.



➡ La **modulation** décale ou place le spectre du signal informatif dans la bande passante du support de transmission (**transposition de fréquence**).

4 raisons pour moduler un signal

- 2) Les dimensions des antennes sont proportionnelles à la longueur d'onde du signal à transmettre.

$$\lambda = c / f$$

Diagram illustrating the formula $\lambda = c / f$ with labels and arrows:

- λ : Longueur d'onde du signal (m)
- c : Célérité $c = 3.10^8 \text{ m.s}^{-1}$
- f : Fréquence du signal (Hz)

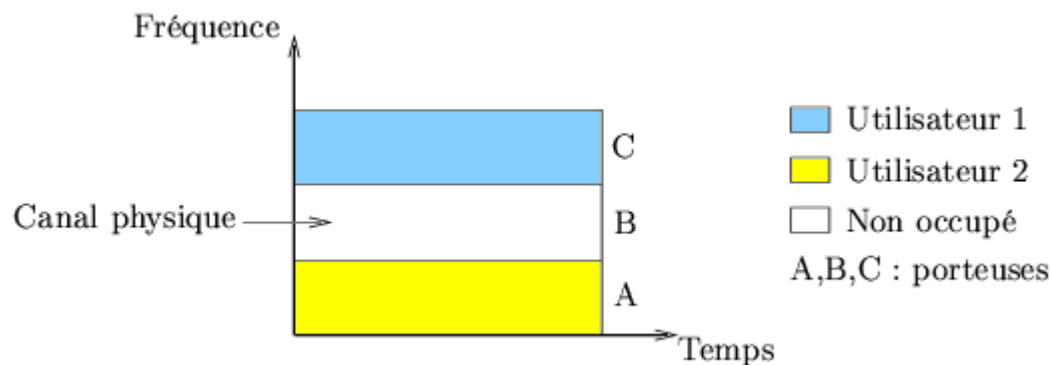
pour le son $f_{\min}=20\text{Hz}$, $f_{\max}=20\text{KHz}$ donc $\lambda=15000\text{km}$ à 15 km

pour la vidéo $f_{\min}=20\text{Hz}$, $f_{\max}=5\text{MHz}$ donc $\lambda=15000\text{km}$ à 60m

➡ En **augmentant la fréquence** du signal transmit, sa longueur d'onde est **réduite** ainsi que la **dimension de l'antenne** requise.

4 raisons pour moduler un signal

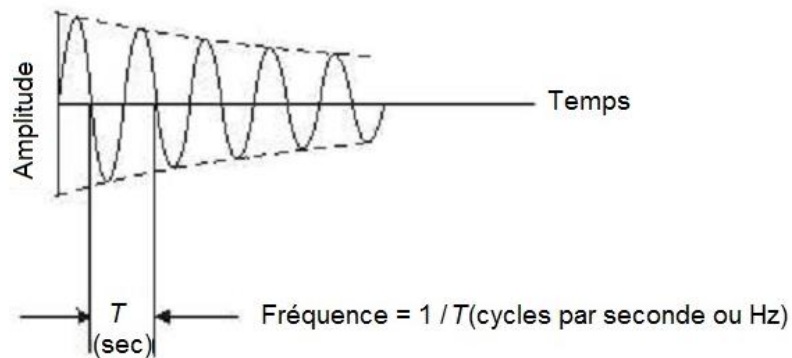
- 3) La séparation de plusieurs signaux transmis sur le même support de transmission est requise (économies).



➡ La **transposition** de fréquence **favorise** le **multiplexage** par répartition des fréquences (Frequency Division Multiplexing : FDM).

4 raisons pour moduler un signal

- 4) La transmission par transposition de fréquence assure en général une meilleure protection contre le bruit.



➡ une onde électromagnétique basse fréquence ne peut pas être transmise directement car elle se propage mal dans l'air.

Techniques de communication

Elles peuvent être classées selon :

Porteuse \ Information	Analogique	Numérique
	Analogique	Numérique
Analogique	AM - FM - PM	ASK - FSK - PSK
Numérique	PAM - PDM - PPM	Codes en ligne PCM - DPCM ΔM - A ΔM

