

## La couche physique

- Qu'est-ce que cette couche spécifie ?
  - Caractéristiques électriques, mécaniques de la transmission. Aussi, le temps d'un bit ou symbole, la fréquence utilisée
- Qu'est-ce qu'elle fait ?
  - Envoyer des bits vite et avec la plus haute fiabilité possible étant donné les caractéristiques du support de transmission

## Couche Physique

- Pour transmettre de l'information numérique (bits), il faut:
  - Un support de transmission ou médium
  - Un signal qui puisse se propager dans le support de transmission
- Exemples de supports de transmission
  - Câble coaxial, fibre optique, l'air
- Exemples de signaux
  - Courant et tension électrique, lumière, ondes radio

## Media de transmission

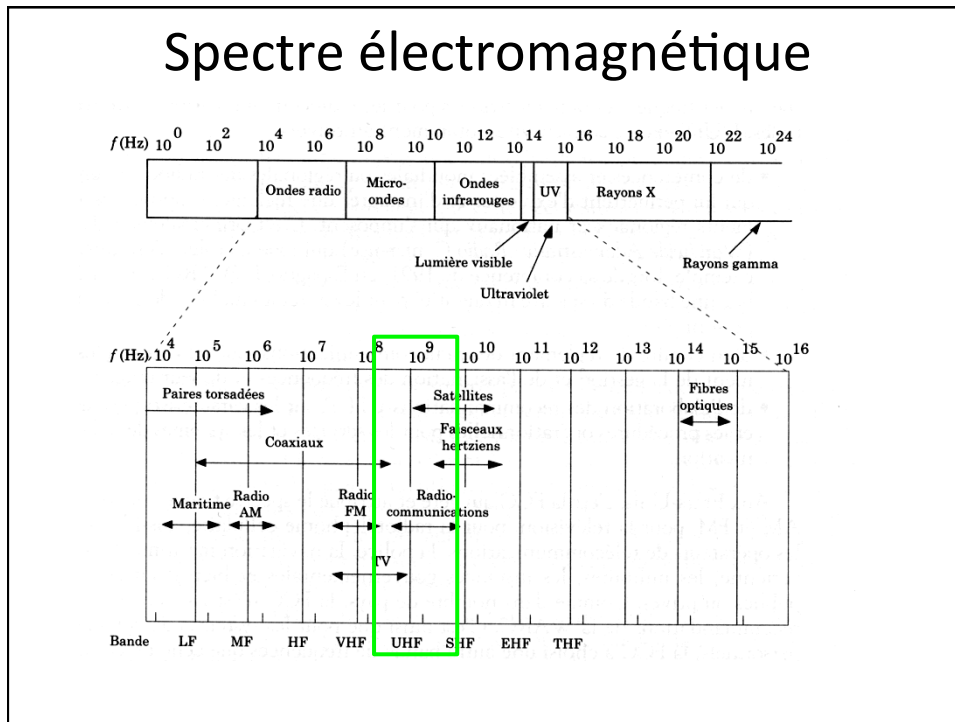
### Médias principaux

- Ligne électrique
  - Équilibrée ou non équilibrée
  - Câble coaxial
- Fibre optique
  - Monomode ou multimode
- Ondes radio
  - Transmission par micro-ondes
  - Satellites

## Media de transmission

### Médias principaux

- Ligne électrique
  - Équilibrée ou non équilibrée
  - Câble coaxial
- Fibre optique
  - Monomode ou multimode
- Ondes radio
  - Transmission par micro-ondes
  - Satellites



## Caractéristiques des micro-ondes

- Utilisées pour la communication radio
- Fréquences: 250 MHz – 70 GHz
  - Propagation essentiellement en ligne droite
- Fréquences < 6 GHz
  - Traversent facilement les murs
- Fréquences > 6 GHz
  - Nécessitent une visibilité directe
- Fréquences > 12 GHz
  - Absorption par l'eau (brouillard, pluie)

## Faisceau hertzien

- Transmission d'un faisceau très concentré de micro-ondes
  - Visibilité directe entre émetteur et récepteur
  - Antennes paraboliques directionnelles
  - Fréquences utilisées: 250 MHz à 22 GHz
  - Débit: typiquement 155 Mb/s ou 622 Mb/s
  - Distance: jusqu'à 200 km
    - Limitée par la courbure de la Terre
- Bon marché, mais de plus en plus remplacé par la fibre optique

## Réseaux sans fils

### WLAN ou WiFi (réseaux locaux sans fils)

- Débit: max 1,3 Gb/s (802.11ac)
- Distance: quelques 10 m (intérieur), quelques 100 m (extérieur)
- Fréquences: 2,4 GHz et 5 GHz

### WiressMAN ou WiMAX (réseaux MAN sans fils)

- Depuis de 2005
- Débit: jusqu'à 100 Mb/s
- Distance: typiquement < 10 km, mais jusqu'à 70 km
- Fréquences: 2 GHz – 66 GHz (visibilité directe ou non)

### Réseaux mobiles (LTE, UMTS, GSM)

- Débit: jusqu'à 2 Mb/s (UMTS), 300 Mb/s (LTE avec 4 antennes)
- Fréquences: < 2 GHz

## Réseaux sans fils

### 802.15.4

- Débit: max 250 kb/s
- Distance: quelques 10 m (intérieur), quelques 100 m (extérieur)
- Fréquences: 868.0–868.6 MHz, 902–928 MHz, 2.4 GHz

## Quelques notions nécessaires

- Unités logarithmiques
- Notion d'atténuation
- Notion de capacité d'un canal
- Notion de sensibilité d'un récepteur

## Les unités de puissance

- Watts (unité linéaire de puissance)
- dBm (unité logarithmique de puissance)
- dB (unité logarithmique des rapports entre puissances)

## Watt

- Energie par unité de temps
- 1 Watt est égale à un Joule/s
- 1 mWatt =  $10^{-3}$  Watt

## Le dB mWatt (dBm)

- Exprime des valeurs logarithmiques par rapport à 1 mW
- Si  $P$  est donnée en unité linéaires (Watt),

$$P[dBm] = 10 \log_{10} \left( \frac{P}{1mW} \right)$$

## Le dB (décibel)

- Exprime le gain d'un dispositif actif, les pertes d'un dispositif passif ou l'atténuation subit par la propagation.
- Rapport entre deux puissances  $P_1$  et  $P_2$  exprimé en forme logarithmique

$$\frac{P_1}{P_2} [dB] = 10 \log_{10} \left( \frac{P_1}{P_2} \right)$$

- $P_1$  et  $P_2$  dans l'argument du  $\log_{10}$  doivent être exprimées en unités linéaires

## Exemple 1

- Exprimer 2 mW en dBm

## Exemple 2

- Exprimer -20 dBm en Watt



## Exemple 3

- Additionnez 10 dBm et 13 mWatt

## Atténuation

- Tous les signaux s'affaiblissent au fur et à mesure qu'ils se propagent le long d'un médium de transmission
- L'atténuation A [sans unité] est une mesure de l'affaiblissement d'un signal qui s'exprime comme le rapport entre la puissance du signal d'entrée et la puissance du signal de sortie.
- Elle peut s'exprimer en unités linéaires ( $P_t/P_r$ ) ou en dB:  $\frac{P_t}{P_r} [dB] = 10 \log_{10} \left( \frac{P_t}{P_r} \right)$

## Atténuation

- Appelons l'atténuation A.

$$A = \frac{P_t}{P_r} \quad \text{Ce qui est équivalent à} \quad P_r = \frac{P_t}{A}$$

- En unités logarithmiques, cette équation devient :

$$P_r(dBm) = P_t(dBm) - A(dB)$$

## Exercice

- Vous transmettez 3 Watts et vous recevez à une certaine distance 1.5 Watts. Quelle est l'atténuation ? Exprimez le résultat en unités linéaires et logarithmiques

## Capacité d'un canal de transmission

- Donnée par la formule de Shannon

$$C = \int_{f_1}^{f_2} \log_2 \left( 1 + \frac{S}{N} \right) df$$

- $C$  est le débit maximum qui peut être reçu correctement
- $S/N$ , appelé rapport signal-bruit, est la division des puissances (en unités linéaires) du signal et du bruit là où le signal est reçu.
- La plage de fréquences utilisée est  $f_1$  à  $f_2$

MRI ADR 2014

21

## Exercice

- Calculez la capacité de largeur de bande 20 MHz si le rapport signal sur bruit est constant et égale à 15 dB

MRI ADR 2014

22

## Sensibilité des récepteurs

- La sensibilité d'un récepteur est la puissance minimale nécessaire pour que le signal au récepteur puisse être interprété correctement

MRI ADR 2014

23

## Exemples de sensibilité de récepteurs

- Pour GSM entre 1 et 2 GHz, la sensibilité minimale est de l'ordre de -100 dBm et pour 802.11 est de l'ordre de -80 à -85 dBm

MRI ADR 2014

24