

## Chapitre 1 : La transmission de l'information par les ondes électromagnétiques

### I. Les ondes : supports de l'information

#### I.1. Exemples

- Lorsqu'on parle directement avec une ou plusieurs personnes, les informations sont transmises via des ondes mécaniques progressives. Elles nécessitent un support matériel pour se propager : l'air. Ce moyen de communication n'est utilisable que sur des courtes distances.
- Lorsqu'on appuie sur le bouton de la télécommande une information est envoyée à l'appareil associé qui va ensuite la traiter. Cette fois-ci ce sont les ondes lumineuses du domaine des infrarouges (IR) qui constituent le support de l'information. La portée de ce mode de communication reste néanmoins assez faible.
- Le téléphone sans fil, la radio, internet... sont des exemples d'appareils électroniques qui permettent de transmettre et/ou de recevoir des informations sur des plus longues distances. Elles font également appel à des supports de types ondulatoires : les ondes hertziennes.

Les **ondes** constituent un moyen de communication efficace **sans transport de matière mais avec transport d'énergie**.

Pour transporter les informations sur des distances suffisamment importantes, seules les **ondes qui se propagent dans l'air, le vide et dans les milieux matériels** (comme les fibres optiques ou les câbles en cuivre) sont les plus adaptées.

Les ondes électromagnétiques, comme les ondes lumineuses ou les ondes hertziennes, sont des supports de l'information à transmettre les mieux adaptées.

#### I.2. Canal de transmission

La **transmission simultanée** de plusieurs informations nécessite un **canal différent pour chacune d'elle**.

Exemples :

- Le véhicule d'un facteur (SUPPORT) peut transporter plusieurs lettres (INFORMATIONS). Pour que chaque lettre soit correctement acheminée, cela nécessite une adresse (CANAL) différente pour chacune des lettres.
- Pour pouvoir transmettre différents morceaux de musique (INFORMATIONS) via les ondes hertziennes (SUPPORT) en évitant qu'elles se chevauchent, on les transmet sur des fréquences de transmission différentes (CANAUX).

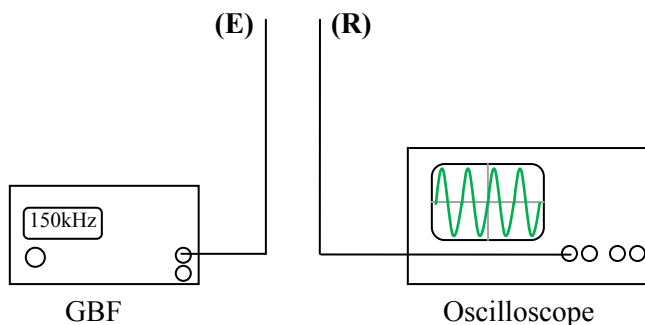
### II. Les ondes électromagnétiques

#### II.1. Mise en évidence

*On relie un fil électrique (E) à un GBF délivrant une tension sinusoïdale de fréquence  $f = 150 \text{ kHz}$ .*

*On relie un fil électrique (R) à un oscilloscope.*

*Les fils (E) et (R) sont de même longueur ( $L \approx 1 \text{ m}$ )*



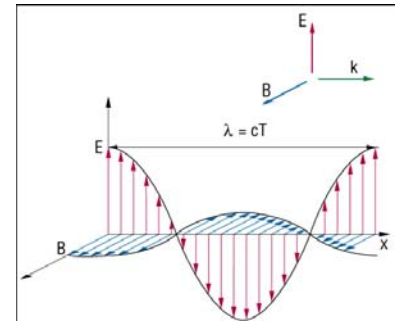
On visualise alors un signal sinusoïdal de fréquence  $f = 150 \text{ kHz}$ .

Le signal a la plus grande amplitude lorsque les deux fils (E) et (R) sont parallèles.

Le fil (E) a joué le rôle d'antenne émettrice tandis que le fil (R) celui d'antenne réceptrice.

II.2. Interprétation et définition

La tension sinusoïdale engendre des oscillations électriques entretenues qui créent un courant d'intensité variable dans le fil (E).  
 Le courant variable modifie ainsi les propriétés électriques et magnétiques de son environnement.  
 Il génère ainsi une **onde électromagnétique qui modifie, lors de son passage, le champ électrique  $\vec{E}$  et le champ magnétique  $\vec{B}$  en tout point du milieu de propagation.**



Une antenne émettrice émet des ondes électromagnétiques de même fréquence  $f$  que le signal électrique qui l'a généré.

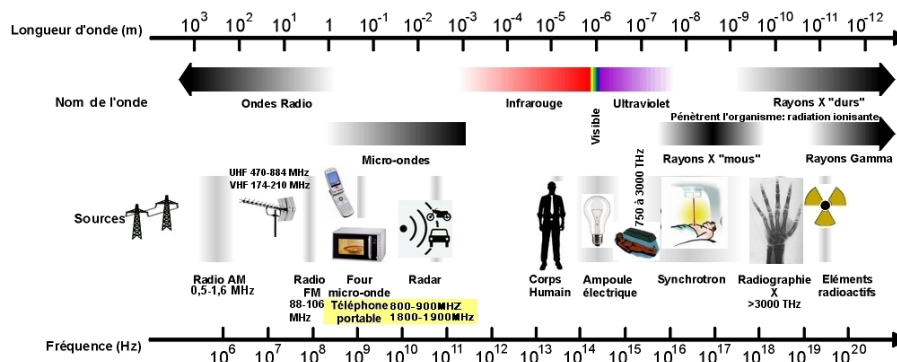
Le signal reçu par l'antenne réceptrice aura la même fréquence  $f$  que celle de l'onde électromagnétique dont il est issu.

II.3. Caractéristiques des ondes électromagnétiques

Comme les ondes mécaniques progressives sinusoïdales, les ondes électromagnétiques sont caractérisées par :

- Une **fréquence  $f$  (en Hz)** et une **période  $T$  (en s)** liées entre elles par la relation suivante :  $f = \frac{1}{T}$
- Une **célérité** (vitesse de propagation en  $m \cdot s^{-1}$ ) : dans le vide et dans l'air elle est égale à la célérité de la lumière soit  $c = 3,0 \times 10^8 m \cdot s^{-1}$ .  
 La célérité des ondes électromagnétiques dans les milieux transparents (comme les fibres optiques) est également importante (de l'ordre de  $10^8 m \cdot s^{-1}$ )
- Une **longueur d'onde dans le vide  $\lambda$  (en m)** qui correspond à la distance parcourue par l'onde se déplaçant à la célérité  $c$  durant une période temporelle  $T$ . On a aussi la relation suivante :  $\lambda = c \times T$  ou  $\lambda = \frac{c}{f}$

Les ondes électromagnétiques sont classées par fréquence ou longueur d'onde dans le vide. On associe un nom différent pour des gammes ou domaines de fréquences particulières :



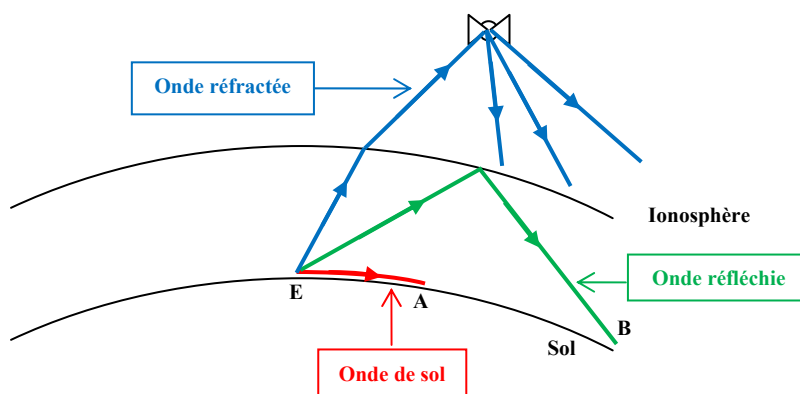
Les ondes lumineuses sont des ondes électromagnétiques qui correspondent à un domaine restreint de fréquence. Les **ondes radio** sont des ondes électromagnétiques du domaine des **ondes hertziennes** ( $10^4 Hz < f < 3 \cdot 10^{11} Hz$  ou  $10^{-3} m < \lambda < 3 \cdot 10^4 m$ ).

Les **ondes électromagnétiques se propagent rectilignement** à la célérité  $c$  dans le vide ou dans l'air, elles peuvent donc subir des phénomènes de **réflexion** et de **réfraction** (comme les ondes lumineuses).

Selon le milieu de propagation et leur fréquence, elles se propagent sur des distances plus ou moins grandes soit directement en ligne droite ou indirectement via des réflexions et / ou des réfractions :

- Les Grandes Ondes ( $10^3 < \lambda < 10^4 m$ ) et les Moyennes Ondes ( $10^2 < \lambda < 10^3 m$ ) sont plutôt des « ondes de sol » : elles suivent la courbure de la Terre mais s'amortissent assez rapidement suivant la conductibilité du sol (marais = bon conducteur, sol gelé = isolant). Elles subissent des réflexions au niveau de l'ionosphère (partie de l'atmosphère comprise entre 80 et 500 km d'altitude où les molécules sont ionisées par le rayonnement UV solaire).

- Les ondes de grandes fréquences ( $f > 30 \text{ MHz}$ ,  $10^{-3} \text{ m} < \lambda < 10 \text{ m}$ ) utilisées en radio, téléphone portable, télévision... traversent l'ionosphère et subissent une réfraction. Il est donc nécessaire d'installer des « systèmes relais » qui permettent de réceptionner ces ondes, de les amplifier et de les réémettre.



- L'onde de sol n'a qu'un rayon d'action limitée (rayon EA) ;
- Grâce aux réflexions sur l'ionosphère les ondes peuvent parcourir de grandes distances ;
- Pour transmettre les ondes qui sont réfractées il faut des systèmes relais comme les satellites ;

### III. Transmission des fréquences sonores par les ondes électromagnétiques

#### III.1. Inconvénients

Les fréquences audibles par l'homme sont comprises entre 20 Hz à 20 kHz.

En convertissant les ondes mécaniques sonores en ondes électromagnétiques de mêmes fréquences on obtient des ondes dites de « basses fréquences ».

Ces informations ne peuvent être transmises directement pour plusieurs raisons :

- Les ondes de basses fréquences sont fortement amorties ;
- Si les stations émettaient directement ces signaux, ils se chevaucheraient et les informations correspondantes seraient incompréhensibles pour les auditeurs ;
- Les dimensions de l'antenne réceptrice pour une onde donnée doivent être de l'ordre de  $\frac{\lambda}{2}$  ou  $\frac{\lambda}{4}$ .

Cela conduirait à des antennes irréalisables du fait de leurs dimensions : pour une onde de fréquence 1,0 kHz

$$\text{il faudrait une antenne de dimension } L = \frac{\lambda}{2} = \frac{c}{2 \times f} = \frac{3,0 \cdot 10^8}{2 \times 1,0 \cdot 10^3} = 1,5 \cdot 10^5 \text{ m} !!!$$

#### III.2. Une onde porteuse de haute fréquence pour transmettre l'information

Pour pallier ces problèmes, c'est une **onde porteuse haute fréquence (HF) qui va transporter l'information basse fréquence (BF) sous forme d'une onde modulée.**

On appelle **porteuse le support qui transporte l'information.**

Le signal est une « image » électrique de l'information à transmettre.

On dit que « **le signal module la porteuse lors de la transmission de l'information** ».

Le schéma suivant présente le principe de la chaîne d'émission-réception d'une information.

