

Les ondes électromagnétiques et la transmission des informations

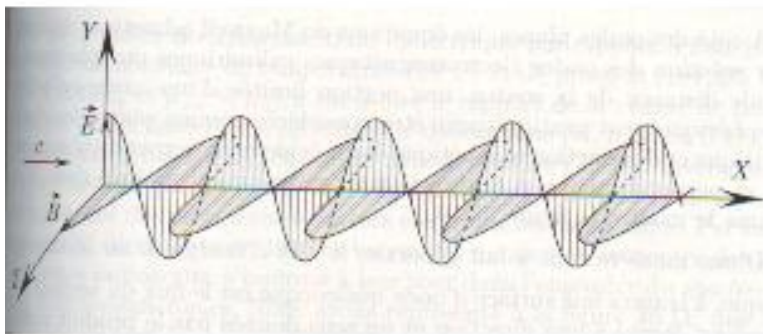
I) Les ondes électromagnétiques :

1) Historique : comment est né la TSF il y a un siècle ?

- a) 1873 : James Maxwell (Anglais) : Il résume toutes les lois de l'électricité et du magnétisme en un système de quatre équations et prédit l'existence d'ondes électromagnétiques
- b) 1888 : Heinrich Hertz (Allemand) : Grâce à un oscillateur de sa conception, il a produit des ondes électromagnétiques et a montré qu'elles étaient de même nature que la lumière, c'est-à-dire qu'elles se reflétaient, réfractaient, se propageaient.
- c) 1888 : Edouard Branly (Français) : Il invente le tube à limaille pour une meilleure réception des ondes E M.
- d) 1895 : Alexandre Popov (Russe) : il invente l'antenne pour améliorer les émissions et les réceptions
- e) 1896 : Guglielmo Marconi (Italien) : Il utilise des ondes plus courtes et réussit des transmissions sur des plus grandes distances (plusieurs centaines de mètres). Il dépose le brevet de la TSF (transmission sans fil)
- f) 1899 : Première transmission sans fil entre la France et l'Angleterre.
- g) 1901 : Première transmission sans fil transatlantique entre la France et l'amérique.

2) Qu'est-ce qu'une onde électromagnétique ?

Voir le site : http://www.sciences.univ-nantes.fr/physique/perso/cortial/bibliohtml/oppmpr_j.html

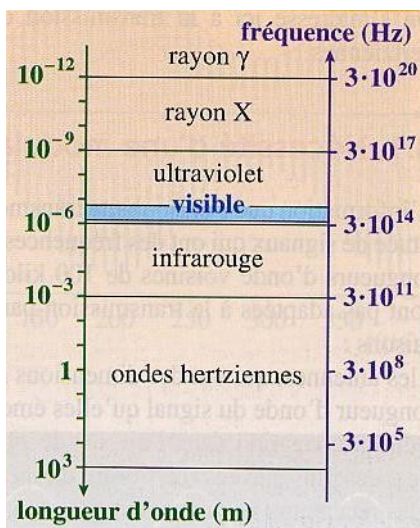


Une onde électromagnétique est une perturbation constituée d'un champ électrique (\vec{E}) et d'un champ magnétique (\vec{B}) sinusoïdaux de même fréquence et perpendiculaires entre eux. L'onde E M se propage dans la direction perpendiculaire au plan formé par les 2 champs. L'onde E M est définie par sa fréquence f (ou sa période T). Sa longueur d'onde dépend du milieu de propagation. $\lambda = C \times T$

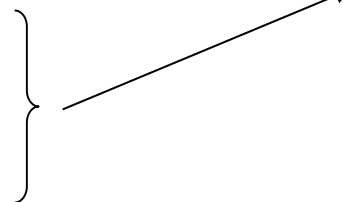
Dans le vide : $C = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ $C_{\text{air}} \approx C_{\text{vide}}$

Dans tous les milieux matériels : $V = C / n$ avec n indice de réfraction du milieu : $n > 1$

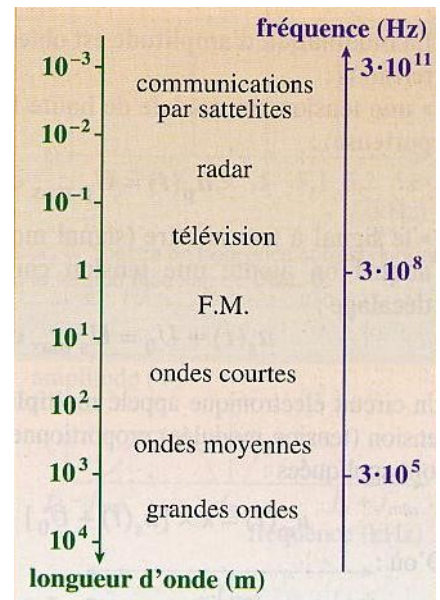
3) Les différents types d'ondes électromagnétiques :



électromagnétiques



Ondes



Ondes Hertziennes

II) La transmission grâce aux ondes électromagnétiques :

1) Emission et réception d'une onde hertzienne : TP Elève

Le montage utilisé ici pour l'émission d'ondes hertziennes est constitué de 2 parties :

- Un circuit RLC oscillant
- Un dispositif d'entretien des oscillations

Sur le schéma du montage, délimiter chaque partie en l'entourant. Réaliser le montage.

Attention : alimenter en +15 V / 0 V / -15V l'amplificateur opérationnel avant de brancher l'association LC. Ne supprimer l'alimentation de l'amplificateur opérationnel qu'en dernier.

A l'aide de l'oscilloscope observer en voie A la tension aux bornes du condensateur et régler le potentiomètre pour avoir des oscillations entretenues. Mesurer la période T de ces oscillations entretenues. T =

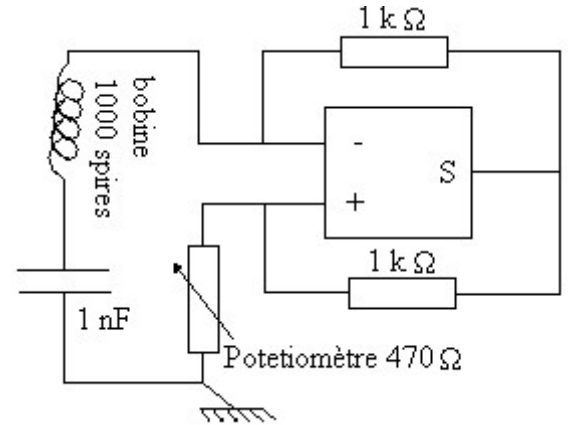
Rappeler la relation donnant la période propre T d'un circuit oscillant RLC. Sachant que le condensateur a une capacité C = 1 nF, calculer la valeur de l'inductance L de la bobine.

Période propre : T =

L =

Débrancher l'oscilloscope du circuit oscillant, brancher entre la bobine et le condensateur, un fil électrique long posé droit sur la table. Ce fil va servir d'antenne pour l'émetteur constitué du circuit oscillant.

Brancher sur la voie A de l'oscilloscope uniquement un fil conducteur long qui sert d'antenne réceptrice. Poser ce fil à environ 1 m de l'antenne émettrice. Observer l'écran, quelle est la période du signal observé ?



Conclusions : Que vient-on de mettre en évidence ?

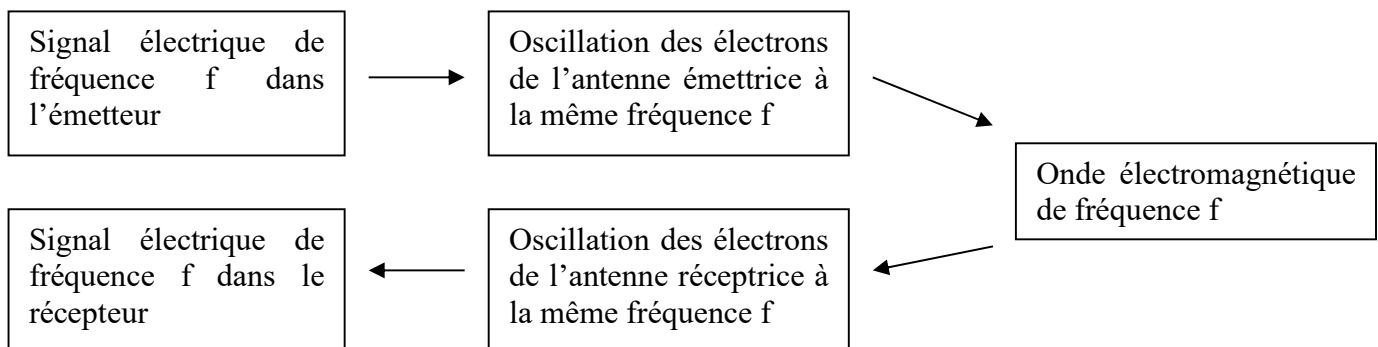
- Un circuit oscillant émet des ondes électromagnétiques appelées ondes hertziennes.
- Les ondes électromagnétiques se propagent dans l'air.
- Elles peuvent être émises ou reçues à l'aide d'une antenne.
- Une antenne est constituée d'une tige métallique non branchée à l'une de ses extrémités.
- L'onde émise et l'onde reçue possèdent la même fréquence que le circuit oscillant.

2) Rôle et principe des antennes :

Dans une antenne d'émission, les électrons se mettent à osciller lors qu'ils sont soumis au champ électrique créé par une tension électrique sinusoïdale de fréquence f. Cette oscillation génère des ondes électromagnétiques de même fréquence f.

Lorsque l'onde électromagnétique rencontre l'antenne réceptrice, les électrons de l'antenne sont alors soumis aux champs électrique et magnétique de l'onde. Ces électrons vont subir des forces électrostatiques et des forces magnétiques (forces de Laplace) qui sont sinusoïdales, ils oscillent à la même fréquence f et créent alors un courant électrique sinusoïdal de fréquence f.

Lors de ces transmissions, la grandeur conservative est la fréquence.



3) Exemples de transmissions par ondes hertziennes :

Téléphone	Lorsque la liaison se fait par fibre optique
Télévision Radio (FM et grandes ondes =AM) Téléphone mobile	La liaison entre émetteur et récepteur s'effectue par ondes hertziennes
Télécommande de télévision	La liaison se fait grâce à des ondes émettant dans l'infrarouge, de fréquences données

4) Est-il possible de transmettre des ondes hertziennes sur de longue distance ?

Suivant la fréquence des ondes hertziennes utilisées et suivant le milieu de propagation, la transmission est plus ou moins bonne : certaines ondes hertziennes peuvent se réfléchir sur les couches de l'atmosphère, elles ne traversent pas les métaux, par contre le plastique et le carton affaiblissent seulement le signal.

Voir document et répondre aux questions de la fin.

III) Nécessité d'une modulation pour transmettre un signal :

1) Comment est-il possible de transporter une information (exemple : musique) par une onde électromagnétique ? (Problème non résolu par Hertz)

- Comment capter le bon signal (exemple musique : entre 30 et 5000 Hertz) sans capter beaucoup d'autres signaux en même temps avec l'antenne ?
- La puissance reçue est proportionnelle au carré de la fréquence de l'onde. Que se passera-t-il pour de faibles fréquences ? **Il y aura une forte atténuation du signal.**
- Les antennes des émetteurs et des récepteurs ont une taille de l'ordre du quart de la longueur d'onde. Quelle devrait être la longueur des antennes pour capter la musique (30 à 5000 Hz) ? Effectuer le calcul. Est-ce possible et est-ce le cas ?

Si $f = 30 \text{ Hz}$: $\lambda = c / f = 3,0 \cdot 10^8 / 30 = 10^7 \text{ m}$

Longueur de l'antenne = $\lambda / 4 = 10^7 / 4 = 2,5 \cdot 10^6 \text{ m}$

Si $f = 5000 \text{ Hz}$: $\lambda = c / f = 3,0 \cdot 10^8 / 5000 = 6 \cdot 10^4 \text{ m}$

Longueur de l'antenne = $\lambda / 4 = 6 \cdot 10^4 / 4 = 15000 \text{ m}$

- La plage de fréquence entre 30 et 5000 Hz n'est pas très grande, les récepteurs capteraient forcément plusieurs signaux en même temps et l'information serait brouillée

Conclusion : Il est impossible de transporter directement le signal, on utilisera la technique de la modulation.

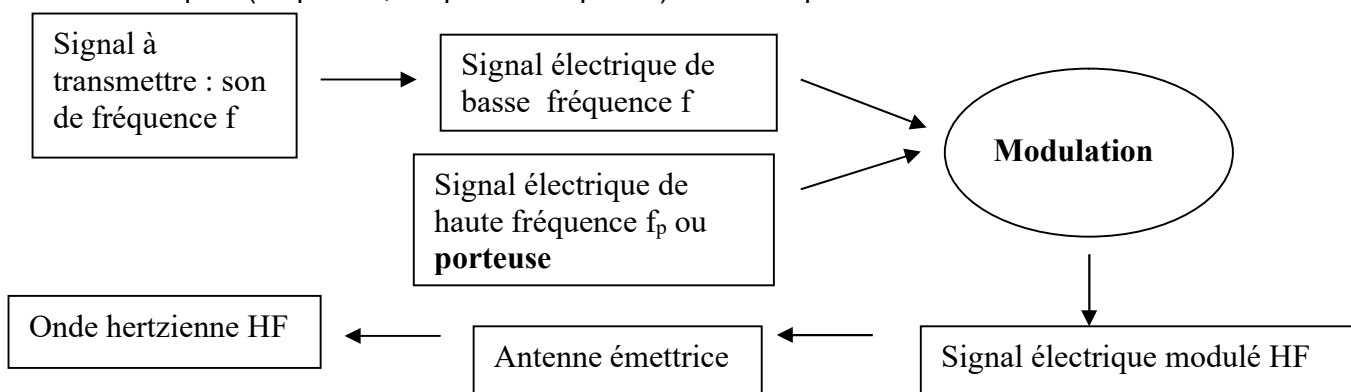
2) Principe de la modulation :

On résout les problèmes évoqués précédemment en ne transportant pas directement le signal de basse fréquence voulu : $u_s(t)$.

On utilise une onde électromagnétique de haute fréquence (qui sera peu atténuée) appelée onde porteuse. La tension sinusoïdale de haute fréquence de la porteuse $u_p(t)$ est de la forme :

$$U_p(t) =$$

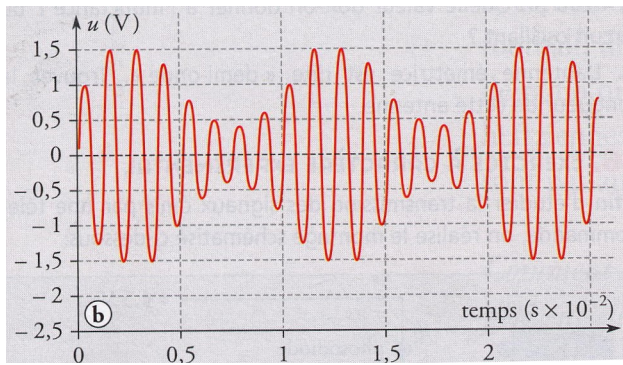
Le signal de basse fréquence contenant l'information à transmettre est utilisée pour modifier une des grandeurs caractéristiques (amplitude, fréquence ou phase) de l'onde porteuse.



C'est la fréquence de l'onde porteuse qui définit le canal de réception. Chaque station de radio utilise une petite bande de fréquence qui encadre la fréquence de la porteuse. Ainsi il n'y a pas d'interférences entre les différentes émissions.

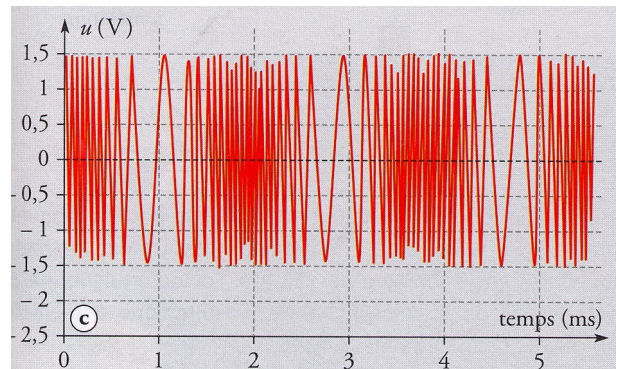
3) Exemples de modulation :

Modulation d'amplitude



4)

Modulation de fréquence



Quelques exemples d'utilisation de la modulation :

a) Le téléphone optique : voir montage

Le son fait vibrer la membrane d'un micro qui entraîne la vibration d'une bobine légère située dans l'entrefer d'un aimant. Il y a création d'une tension de même fréquence que le son f_s .

La lumière transportée par la fibre optique sert de porteuse de haute fréquence qui est modulée par la tension de fréquence f_s .

A la réception, la photodiode ou le photo transistor va recréer la même tension modulée.

Il faut démoduler cette tension pour retrouver le signal modulant et l'envoyer après filtrage aux bornes d'un haut-parleur.

La membrane du HP vibre à la fréquence du signal modulant et recrée le son de fréquence f_s .

b) Les télécommandes à infra rouges :

Etude des signaux IR envoyés par une télécommande de télévision avec un oscilloscope à mémoire.

On utilise un détecteur d'IR relié directement à un oscilloscope à mémoire. Pour un temps d'acquisition relativement long (5 s) : On observe des « paquets de signaux »

Afin de comprendre ce que contiennent ces signaux, on fait des zooms successifs en refaisant des acquisitions de plus en plus courtes. On divise le temps d'acquisition par 10 à chaque fois, ce qui revient à grossir 10 fois l'image précédente.

Lorsque le grossissement du signal est assez important, on remarque que les tops sont en réalité une porteuse qui est modulée en amplitude en tout ou rien, c'est le principe de codage binaire.