

PRODUIRE DES SIGNAUX 1 :

LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES, SUPPORT DE CHOIX POUR TRANSMETTRE DES INFORMATIONS

Matériel :

- Un GBF
- Un haut-parleur
- Un microphone avec adaptateur fiche banane
- Une DEL
- Une résistance 22 Ω
- 2 alimentations +15/-15 V
- 2 amplificateurs audio
- Une photodiode
- Une résistance 1k Ω
- Un oscilloscope

Connaissances et savoir-faire exigibles :

- (1) Savoir que la lumière fait partie des ondes électromagnétiques et correspond à un domaine restreint de fréquences.
 - (2) Savoir que pour une antenne émettrice, l'onde électromagnétique émise a la même fréquence que celle du signal électrique qui lui est transmis.
 - (3) Savoir que dans une antenne réceptrice, l'onde électromagnétique engendre un signal électrique de même fréquence.
 - (4) Reconnaître les différents paramètres de l'expression d'une tension sinusoïdale : amplitude, fréquence et/ou phase.
- Savoir-faire expérimentaux :
- (5) Savoir observer, avec un oscilloscope, le signal d'un fil conducteur connecté à une des entrées.
 - (6) Savoir transmettre un signal de fréquence sonore par un faisceau lumineux

I Transmission des informations :

1) Les débuts des télécommunications :

Lisez le document 1 p 92/93 et répondez aux questions 1 à 3.

1. *Télé : à distance ; graphe : écrire.*
2. *Transport de matière avec le messager, alors qu'avec les télégraphes, il y a transport d'énergie sans transport de matière (ondes).*
3. *Il faut deux systèmes distincts mais identiques : deux sémaphores ou deux fils électriques.*

2) Information, transmission, signal, canal :

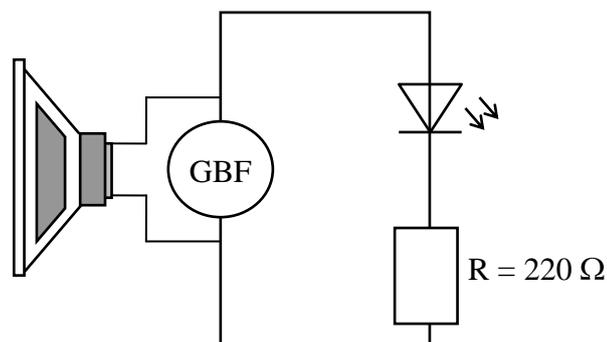
- Le but des télécommunications est de réaliser la **transmission** d'une ou de plusieurs **informations**.
 - Pour se faire, il faut utiliser un **signal** qui servira de **support** à l'information : ce signal pourra être une onde **acoustique**, une onde **électromagnétique** (y compris les ondes lumineuses) ou bien un **courant électrique** (comme dans le télégraphe de Morse).
 - Pour transporter plusieurs informations via le même signal support, il faut disposer de différents canaux : il s'agit de plusieurs **signaux supports de même nature** qui n'interfèrent pas entre eux.
- Exemples : Pour le transport par courant électrique, on utilisera des **fils électriques** distincts.
Pour le transport par onde lumineuse, on peut imaginer utiliser **différentes couleurs**.

II Exemples de transmission avec différent type de signal :

1) Transmission de l'information par onde lumineuse :

a. Montage d'émission :

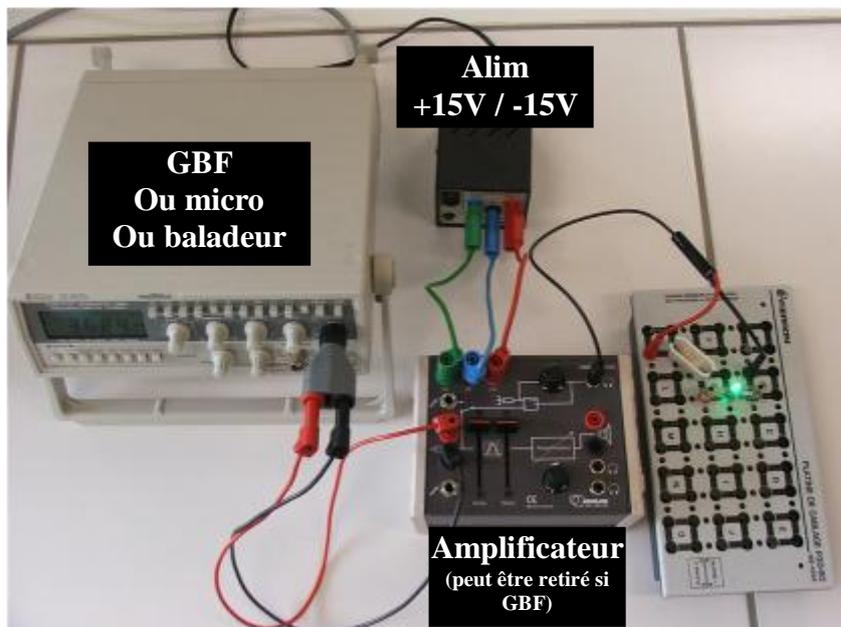
- Réalisez le montage ci-contre (on utilisera une DEL verte).
- Allumez le GBF à une faible fréquence : on voit la DEL clignoter. Si on augmente la fréquence du GBF, la DEL clignote plus rapidement.
- On peut brancher un haut-parleur aux bornes du GBF pour écouter le son émis par celui-ci. C'est ce son que nous allons essayer de transmettre.



Pourquoi la DEL clignote ?

Car elle est alimentée par une tension alternative et qu'elle ne laisse passer le courant que dans un seul sens.

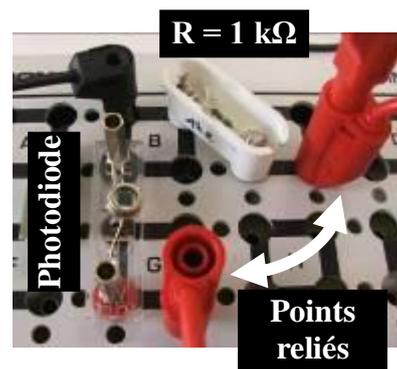
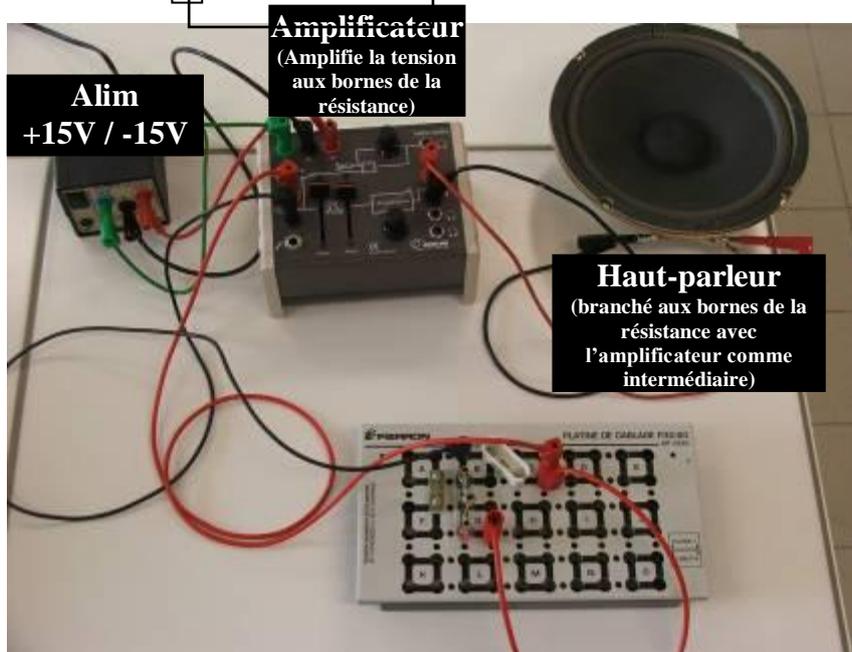
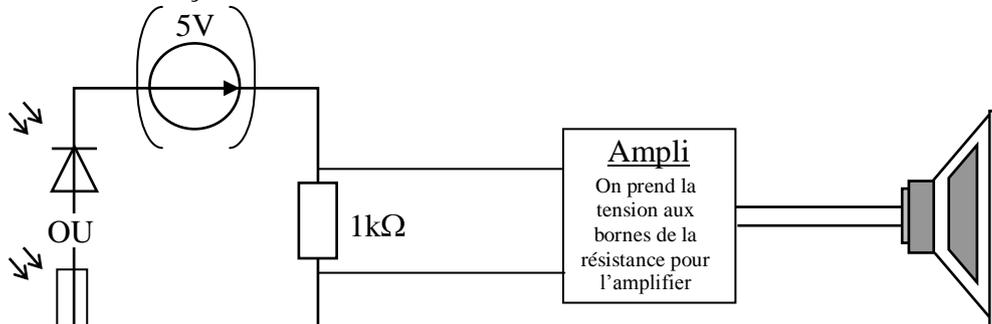
Pourquoi ne voit-on plus la diode clignoter pour une fréquence élevée ?



Parce qu'elle clignote trop rapidement pour que l'œil puisse suivre : c'est la persistance rétinienne (1/10 s)

b. Réception :

- Le récepteur est une photorésistance (ou bien une photodiode) en série avec une résistance de $1k\Omega$; l'ensemble est alimenté par une tension continue de 5V (la photodiode a l'avantage de ne pas avoir besoin d'alimentation).
- La photorésistance a une résistance qui varie en fonction de la lumière reçue.
- La photodiode a la propriété de laisser passer un courant i (1mA maximum) proportionnel à la quantité de lumière reçue.



Remarque :

La photodiode ou la photorésistance va modifier l'intensité du courant dans le circuit. Aux bornes de la résistance et d'après la loi d'Ohm, la tension est proportionnelle à l'intensité du courant.

c. Transmission :

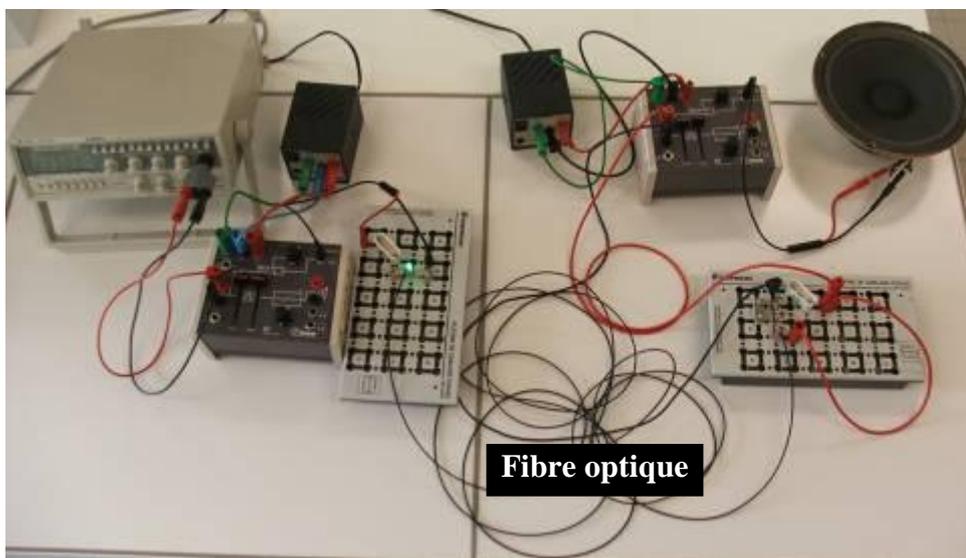
- Approcher la DEL émettrice à une dizaine de cm du photodétecteur.
- Ecoutez le son obtenu et comparez avec le son qui était émis par le GBF, notez vos observations :
On retrouve le son émis par le GBF sur le haut parleur de sortie, relié au circuit de réception. La DEL est à une distance de 10 cm environ de la photodiode.

d. Amélioration du montage :

Dans ce montage, il y a une perte de signal puisque la lumière issue de la DEL n'est pas canalisée et se dirige dans toutes les directions.

On utilise alors une fibre optique, « tuyau » de verre ou de plastique très fin qui véhicule le signal lumineux sans perte de puissance :

*Expérience précédente en « reliant » la diode émettrice et le photodétecteur par la fibre.
Il peut être intéressant de remplacer le GBF par une source (micro, balladeur)*



Notez vos observations :

Le signal lumineux est véhiculé par la fibre, ceci permet une transmission à très grande distance (longueur de la fibre optique).

2) Transmission de l'information par onde hertzienne :

- Un GBF est relié à un fil de connexion tenu verticalement et placé à une dizaine de centimètres d'un fil identique relié à l'entrée d'un oscilloscope.
- On règle le GBF à une fréquence de 50 000 Hz environ : cherchez à visualiser le signal capté par le fil relié à l'oscilloscope.

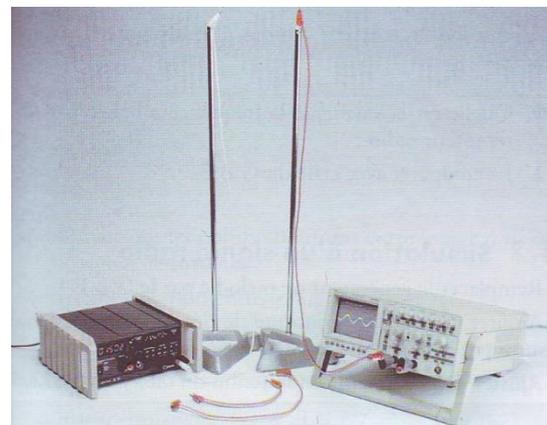
Notez vos observations : (faites des mesures si besoin est)

On récupère le signal émis par le GBF, donc avec la même période et la même fréquence.

- Réglez à présent le GBF à une fréquence de 500 Hz

Notez vos observations : (faites des mesures si besoin est)

On ne récupère aucun signal ou un signal déformé de faible amplitude.





3) Quels sont les avantages, les inconvénients de ces différents type de signaux :

- En ce qui concerne le signal lumineux, celui-ci est **arrêté** par les corps opaques, par contre, avec l'utilisation d'une fibre optique, il y a moins de **pertes de puissance**, ce qui permet de transmettre l'information fidèlement.
Mais l'inconvénient principal, c'est qu'il s'agit d'une transmission « **à fils** ».
- Avec des ondes hertziennes de hautes fréquences, l'avantage est la transmission « **sans fils** », par contre, il y a un plus grand risque de **perte de puissance** donc de **perte de qualité** de l'information.

III Les ondes électromagnétiques :

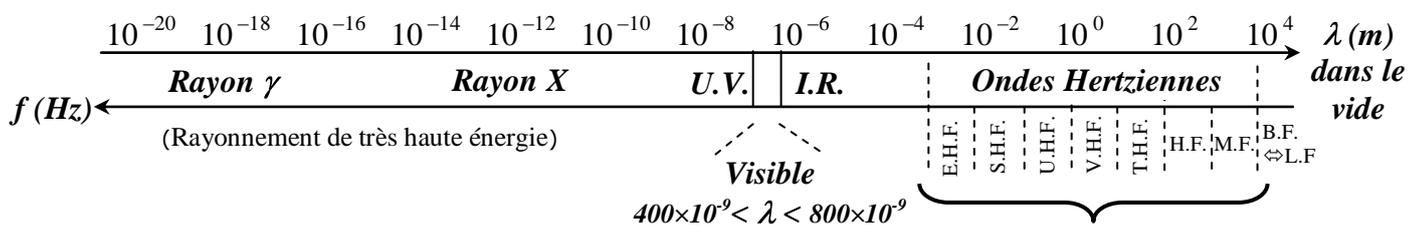
1) Nous sommes entourés de ces ondes :

Faites la manipulation 1 et répondez aux questions 1 à 4 de la p 95.

1. Non, il semble contenir de multiples informations.
2. Oui, le signal obtenu est périodique.
3. Cette fréquence est de 50 Hz (période $T = 20$ ms).
4. Ce signal est dû au réseau électrique : la fréquence du courant alternatif fourni par EDF est de 50 Hz, ce courant électrique crée une onde électromagnétique de même fréquence que l'on « capte » avec l'oscilloscope.

2) Qui sont-elles ?

- Les ondes électromagnétiques sont dues à la propagation d'un champ électrique et d'un champ magnétique variables, se propageant **à la vitesse de la lumière (c dans le vide et l'air)**.
- Les ondes électromagnétiques se différencient par leurs **fréquences** (et donc leurs **longueurs d'onde**) :
Elles ont des propriétés plus ou moins différentes suivant leur **fréquence**.



Types d'ondes hertziennes :

- (B.F. ⇔ L.F.) Basses Fréquences : $f < 300$ kHz
- (M.F.) Moyennes Fréquences : 300 kHz $< f < 3$ MHz
- (H.F.) Hautes Fréquences : 3 MHz $< f < 30$ MHz
- (THF ⇔ VHF) Très Hautes Fréquences : 30 MHz $< f < 300$ MHz
- (U.H.F.) Ultra Hautes Fréquences : 300 MHz $< f < 3$ GHz
- (S.H.F.) Super Hautes Fréquences : 3 GHz $< f < 30$ GHz
- (E.H.F.) Extra Hautes Fréquences : 30 GHz $< f < 300$ GHz

Placer les initiales des gammes de fréquences dans l'intervalle correspondant

3) Production, réception des ondes électromagnétiques et intérêt de leur utilisation :

- Comme nous l'avons vu dans le paragraphe II2), on utilise un fil conducteur pour émettre une onde électromagnétique :
Ce fil constitue une antenne émettrice, elle va produire une onde électromagnétique de même fréquence que le signal électrique qui lui est transmis.
- De même, on utilise un fil conducteur pour recevoir une onde électromagnétique :
Ce fil constitue une antenne réceptrice, qui crée un signal électrique de même fréquence que l'onde électromagnétique qu'elle reçoit.



- Les ondes constituent un support très intéressant car il y a **transport sans fils à grande distance** d'un signal, contenant l'information sans **transport de matière** mais avec **transport d'énergie**. De plus celles-ci se propagent dans le **vide** et à travers de nombreux milieux matériels **transparents** ou **non**.

IV Modulation d'une tension sinusoïdale :

1) Nécessité d'une onde porteuse pour transmettre des informations :

Voici quelques données, à retenir, qui vont nous permettre de répondre aux questions ci-après, et d'en déduire la **nécessité de « porter » le signal contenant l'information** :

- Un microphone transforme une information sonore en un signal électrique de fréquence identique. Les sons audibles ont des fréquences comprises entre 20 Hz et 20 kHz.
- Les signaux basses fréquences (fréquences inférieures à 300 kHz) sont fortement amortis avec la distance (nous l'avons vu dans l'expérience II2)).
- La dimension d'une antenne réceptrice doit être de l'ordre de la moitié de la longueur d'onde du signal.

Questions :

- Est-il possible d'émettre sur une grande distance le signal électrique produit par un microphone ?
Oui/non, pourquoi ?
Non puisque nous avons vu qu'à une fréquence faible (entre 20 Hz et 20 kHz), le signal avait une très faible portée : manipulation II2).
- Quelle devrait être théoriquement la taille d'une antenne réceptrice pour capter un signal de 10 kHz ?
Pour répondre à cette question, on calcule la longueur d'onde correspondante à un signal de 10 kHz : on trouve $\lambda = 30000$ m, d'où une longueur d'antenne de 15000 m !!!
- Qu'arriverait-il à l'information captée par une antenne réceptrice si deux personnes émettaient à distance, en parlant dans un microphone, deux signaux produits directement par leur microphone ?
Les deux signaux se mélangeraient, on ne distinguerait plus les deux signaux.

Conclusion :

Il est donc nécessaire de transporter **l'information contenue dans un signal électrique** (appelé **signal modulant**) à l'aide d'un **autre signal de fréquence très élevée** appelé « **onde porteuse** ». Cette **onde porteuse est modifiée par le signal modulant** de manière à contenir les informations à transmettre : c'est la **modulation**.

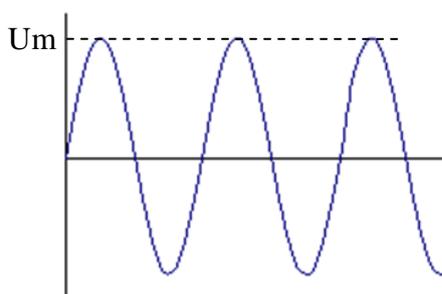
Exemple :

Dans la manipulation faite au paragraphe II1), l'onde lumineuse émise par la DEL joue le rôle de porteuse, le signal issu du GBF est le signal modulant contenant les informations à transmettre.

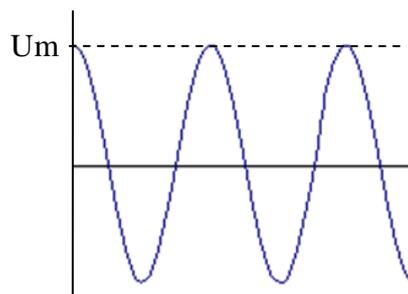
2) Tension sinusoïdale :

Voici la forme mathématique d'une tension sinusoïdale :

$$u(t) = U_m \cos(2\pi f t + \varphi) \quad \left\{ \begin{array}{l} U_m : \text{Amplitude (valeur maximal) du signal en Volt (V)} \\ f : \text{fréquence du signal en Hertz (Hz)} \\ \varphi : \text{Phase à l'origine des dates en radian (rad)} \end{array} \right.$$



Dans ce cas, $u(t=0) = 0$ d'où $\varphi = \pi/2$ modulo π

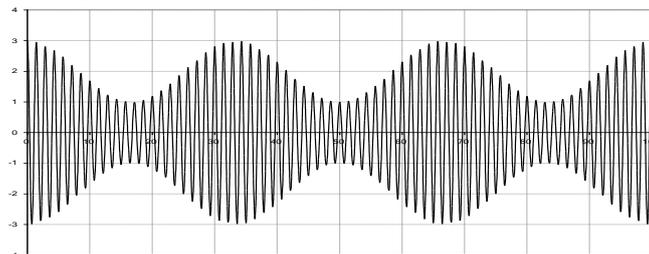


Dans ce cas, $u(t=0) = U_m$ d'où $\varphi = 0$ modulo π

3) Différents types de modulation :

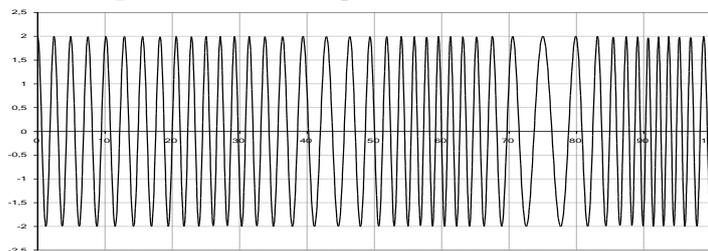
Comme nous l'avons dit plus haut, nous allons nous servir du signal modulant (contenant l'information) pour moduler un des paramètres de l'onde porteuse :

- Ce paramètre peut être l'**amplitude** de l'onde porteuse : **modulation d'amplitude :**



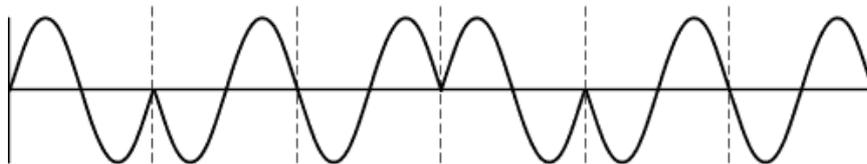
Les paramètres **fréquence** et **phase** de l'onde porteuse restent alors inchangés.

- Ce paramètre peut être la **fréquence** de l'onde porteuse : **modulation de fréquence :**



Les paramètres **amplitude** et **phase** de l'onde porteuse restent alors inchangés.

- Ce paramètre peut être la **phase** de l'onde porteuse : **modulation de phase :**



Les paramètres **amplitude** et **fréquence** de l'onde porteuse restent alors inchangés.