Travaux pratiques sur les ondes ultrasonores

par Robert GASPARINI
Lycée P.S. de Laplace, 14000 Caen

1. BUT

L'avantage des ultrasons sur les ondes sonores paraît tout à fait évident :

– tout d'abord le prix : un couple de transducteurs à ultrasons émetteur et récepteur revient à 45 F. environ,

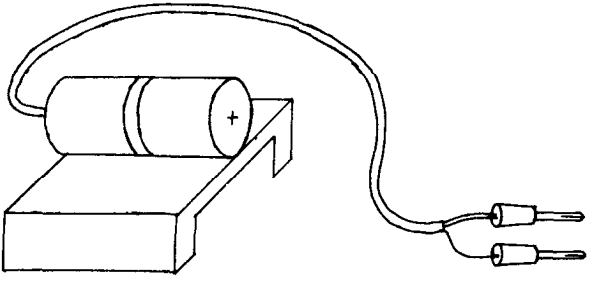
– l'absence de bruit audible permet de faire travailler simultanément 10 postes de T.P. ce qui serait impossible à la fréquence de 1 000 Hertz,

– la fréquence élevée de la radiation émise (40 000 Hertz) et par conséquent sa faible longueur d'onde (de l'ordre de 8 mm) permettent d'éviter les phénomènes de diffraction par les objets environnants qui perturbent considérablement certaines expériences sur les ondes sonores,

– la directivité partielle du faisceau émis permet de réaliser des expériences telles que la vérification des lois de la réflexion.

2. DESCRIPTION

Les transducteurs émetteur et récepteur sont montés sur des supports permettant de les localiser avec facilité sur le plan de travail.



Pour cela on les introduit à force à l'extrémité d'un tube de PVC utilisé dans les installations électriques, puis le tube lui-même est fixé sur le support par 2 attaches qui servent ordinairement à fixer ces tubes. Les liaisons électriques entre les transducteurs et les appareils de mesures sont assurées par du fil blindé de faible section.

Le transducteur émetteur est alimenté par un générateur BF réglé sur la fréquence de 40 000 Hertz, la réception du signal par le récepteur est visualisée par un oscillographe.

Pour les établissements qui ne disposeraient pas d'un nombre suffisant de générateurs BF il est possible de réaliser pour quelques francs seulement un oscillateur très simple alimenté par une pile de 9 V.

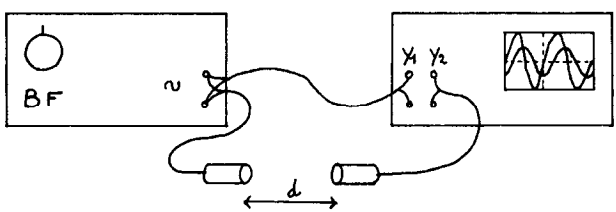
De la même façon l'oscilloscope peut être remplacé par un ampli-op. suivi d'un redresseur à diodes et d'un transistor commandant une LED. Cet ensemble constitue le montage des détecteurs de passage à ultrasons et c'est une excellente application pratique du programme d'électronique.

Le seul point délicat de l'utilisation de ces transducteurs est le calage précis sur la fréquence de résonance qui s'effectue de la façon suivante : le transducteur émetteur est alimenté par une tension alternative voisine de 40 000 Hertz, le transducteur récepteur est connecté sur l'entrée Y de l'oscilloscope. Tourner très lentement le bouton de réglage de la fréquence du générateur jusqu'à l'obtention du maximum d'amplitude du signal visualisé et ne plus déplacer ce bouton.

3. MANIPULATIONS

3.1. Double périodicité, célérité

Le signal envoyé sur le transducteur émetteur est visualisé à l'oscillo sur la voie Y_1, le signal reçu par le transducteur récepteur est



visualisé sur la voie Y_2 . La forme du signal émis sera successivement sinusoïdale, carrée et triangulaire.

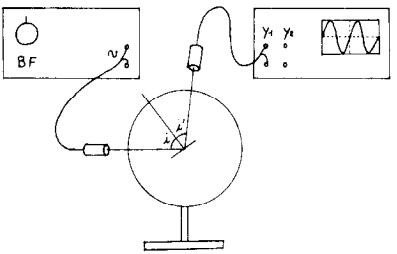
– on constate que le signal reçu est de même forme que le signal émis et qu'il a strictement la même fréquence,

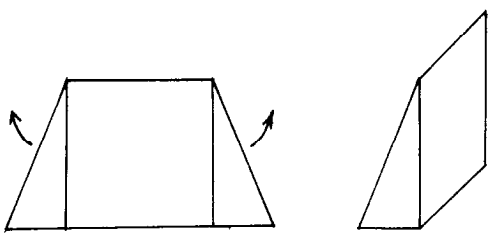
– en éloignant le récepteur de l'émetteur on met en évidence la périodicité spatiale et on mesure la longueur d'onde (par exemple en divisant par 10 la distance qui sépare 11 mises en phase du signal reçu avec le signal émis),

– en multipliant cette longueur d'onde par la fréquence de 40 000 Hertz on obtient la célérité de propagation avec une très bonne précision.

3.2. **Vérification des lois de la réflexion**

La vérification peut se faire directement sur la table munie d'une feuille de papier dessin en utilisant comme réflecteur un morceau de carton de 10 cm sur 10 cm muni de 2 rabats pour lui permettre de rester vertical et en traçant les directions des rayons incidents et réfléchis.





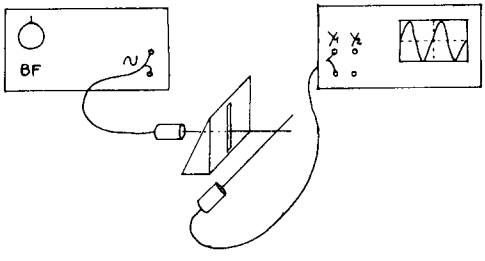
On peut aussi utiliser directement le matériel d'optique en remplaçant la source de lumière par le transducteur émetteur monté sur un petit support aimanté comme le récepteur pour pouvoir les déplacer facilement sur le support magnétique.

Bien entendu la propagation n'étant pas vraiment unidirectionnelle

la direction à retenir est celle qui fournit la plus forte amplitude à l'oscillo.

3.3. **Diffraction des ondes ultrasonores**

La longueur d'onde étant voisine de 8 mm les phénomènes de diffraction ne deviennent notables que pour des dimensions inférieures à cette valeur la fente diffractante est obtenue en effectuant une ouverture rectangulaire de 5 mm de large dans un support de carton avec rabats identique à celui ci-dessus.

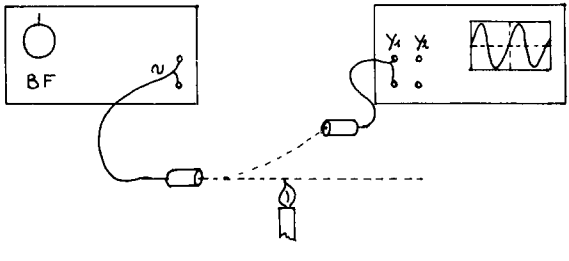


Pour mettre en évidence le phénomène, on réalise les opérations suivantes:

- les 2 transducteurs sont placés perpendiculairement, le signal reçu est très faible ou nul ,
- sans modifier la position des transducteurs,on place la fente devant le transducteur émetteur : le signal reçu est beaucoup plus intense.

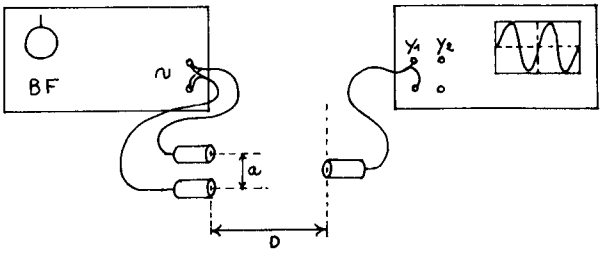
3.4. **Réfraction des ondes ultrasonores**

Le récepteur est placé au-dessus de l'émetteur de façon à n'en recevoir qu'un signal d'amplitude très faible une source de chaleur (bec Bunsen, bougie ou plaque électrique) située en dessous le niveau du transducteur émetteur permet de courber le faisceau ultrasonore et l'amplitude du signal reçu est considérablement augmentée.



3.5. **Interférence réalisée à partir de 2 émetteurs ultrasonores**

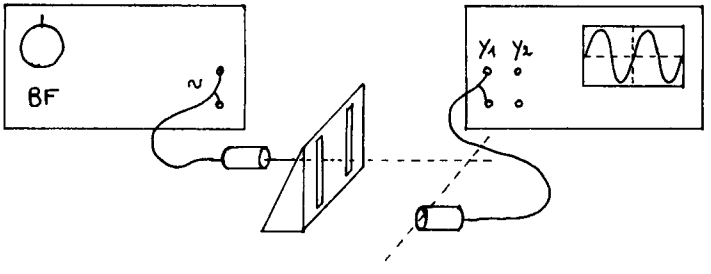
Pour être cohérentes les 2 sources sont branchées en dérivation sur la sortie du générateur BF. Le récepteur est déplacé sur la table devant les 2 sources, on constate à l'oscillo la présence de point nodaux et antinodaux.



Si la distance D du récepteur aux sources est suffisamment grande devant la distance A qui sépare les sources on peut vérifier que la distance qui sépare 2 points nodaux ou antinodaux est inversement proportionnelle à A et proportionnelle à D.

3.6. **Interférence par les fentes d'Young**

Les fentes d'Young sont réalisées en pratiquant 2 fentes rectangulaires parallèles de 5 mm de large dans un morceau de carton à rabats de 10 cm avec un espace de 20 mm entre les fentes. Les nœuds et les ventres sont mis en évidence en déplaçant le récepteur.



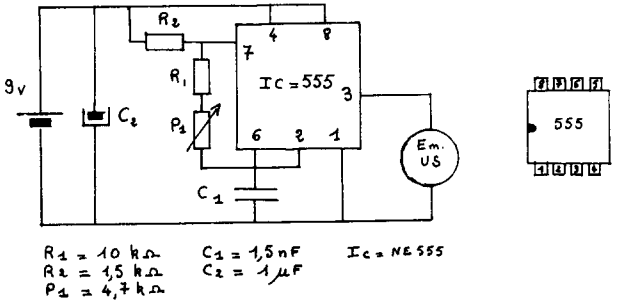
3.7. **Ondes stationnaires**

Pour réaliser des ondes stationnaires, on peut soit disposer 2 sources face à face suivant le même axe, soit n'utiliser qu'une source se réfléchissant sur un obstacle placé perpendiculairement.

En déplaçant le récepteur le long de la direction de propagation on constate la présence de nœuds distants d'une demi-longueur d'onde.

3.8. **Schéma d'un générateur BF ultra simple**

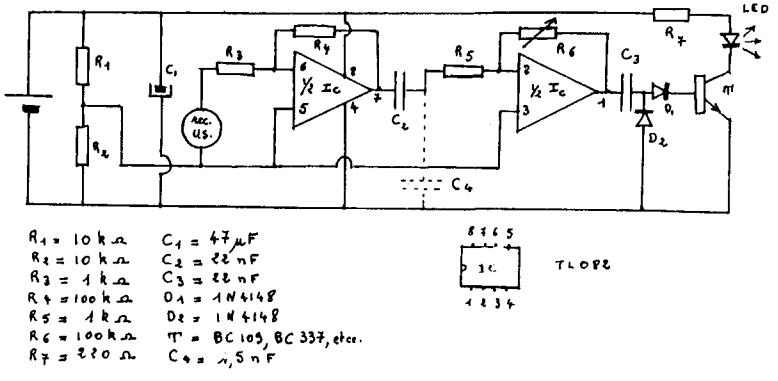
Le montage utilise un circuit intégré très bon marché le NE555, la résistance ajustable de 4 700 ohms permet de caler exactement la fréquence sur 40 000 Hertz. Bien entendu le signal fourni est de forme rectangulaire.



3.9. **Schéma d'un récepteur à ultrason très sensible**

Le montage utilise un double ampli-op. le TL082, la tension alternative obtenue est ensuite redressée par 2 diodes au silicium 1N4148. La tension continue récupérée permet de saturer un transistor NPN quelconque (BC109 par exemple) qui alimente une LED.

En l'absence de signal le transistor est bloqué et la LED est éteinte.



Les transducteurs à ultrasons peuvent être commandés à l'adresse suivante :

Philips - Réf. ultra 16 - 40 kHz
Prix H.T. : 42 F la paire (émission + réception)

Possibilité de se les procurer à la S.A.E. L'IMPULSION
Z.I. de la Sphère
1251, rue Léon Foucault - B.P. 45
14200 HEROUVILLE SAINT CLAIR