

## Effet Doppler

par Pierre JAMMARON  
Lycée Albert Triboulet - 26100 Romans

**L'effet Doppler** apparaît dans les programmes de l'option Sciences Expérimentales de première S (unité U1 : Observateurs et mouvements).

Il semble possible de mettre en évidence qualitativement le phénomène en fixant un haut-parleur (relié à un GBF) à l'extrémité d'une pendule s'approchant et s'éloignant périodiquement de l'observateur (on peut aussi inviter les élèves à écouter attentivement les avertisseurs des voitures en venant au lycée !).

Les expériences décrites ci-après, qui utilisent les **ultrasons**, permettent une étude plus précise de ce phénomène.

### MISE EN ÉVIDENCE DU DÉCALAGE EN FRÉQUENCE

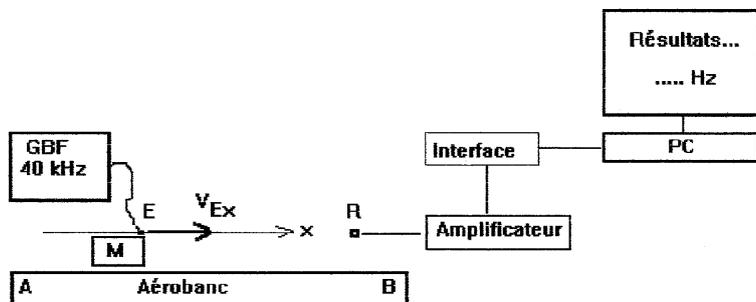


Figure 1 : Schéma de l'expérience :

E : Émetteur d'ultrasons fixé au mobile M.

R : Récepteur fixe.

L'interface utilisée est l'interface CASSY (Leybold) avec le logiciel «Mesures et exploitation» livré avec l'interface.

On utilise ici l'option «fréquencemètre» de ce logiciel : le principe de la mesure de fréquence est le comptage des impulsions reçues pendant

un intervalle de temps de 0.1 s (ou 1 s).

L'amplificateur est un montage à Ampli. Op. avec des résistors choisis de manière à saturer l'A.Op. pour obtenir un signal très approximativement «en créneaux» d'amplitude constante quelle que soit la distance entre émetteur et récepteur.

### **Résultats obtenus**

Lorsque l'émetteur est en mouvement, dans un sens ou dans l'autre, la mesure donne une valeur de la fréquence  $f_R$  du signal reçu légèrement différente de la fréquence  $f_0$  obtenue avec l'émetteur immobile.

Par exemple, ci-dessous, la mesure 1 correspond à E immobile ( $f_R = f_0$ ), la mesure 2 à  $V_{EX} > 0$  (E s'approche de R) et la mesure 3 à  $V_{EX} < 0$  :

Mesure n°	$f_R$ (Hz)
1	39 990
2	40 050
3	39 960

En répétant plusieurs fois la mesure avec l'émetteur immobile, et en considérant la dispersion des résultats, on peut évaluer l'incertitude sur ces valeurs à 10 Hz (les différents comptages sur une durée de 0.1 s donnant des valeurs avec un écart maximum de  $\pm 1$  impulsion par rapport à la valeur la plus fréquente).

Il faut noter que les résultats sont parfaitement reproductibles en ce qui concerne le signe de  $\delta f = f_R - f_0$  : si E s'approche de R, on a  $\delta f > 0$  et  $\delta f < 0$  si E s'éloigne de R.

### **APPLICATION AU MOUVEMENT D'UN PENDULE ÉLASTIQUE**

Le reste de la chaîne de mesure n'étant pas modifié, on réalise le montage de la figure 2. Le but de l'expérience est d'enregistrer la fréquence reçue  $f_R$  en fonction du temps, lorsque la masse m oscille. La période de l'oscillateur, mesurée avec un chronomètre, est  $T_0 = 1.15$  s environ.

Le logiciel Leybold étant ici inadapté, j'ai dû écrire un petit programme en Turbo Pascal pour effectuer cette acquisition (comptage d'impulsions sur une série d'intervalles de temps de durée 100 ou 150 ms et calcul des fréquences reçues correspondantes).

Pour obtenir la fréquence  $f_0$  nécessaire au calcul du décalage en fréquence  $\delta f = f - f_0$ , une mesure préalable est effectuée avec l'émetteur immobile ( $f_0 =$  moyenne de cinquante mesures). Le mobile portant l'émetteur est ensuite mis en mouvement et on lance les mesures : vingt comptages de durée 100 ms chacun sont effectués.

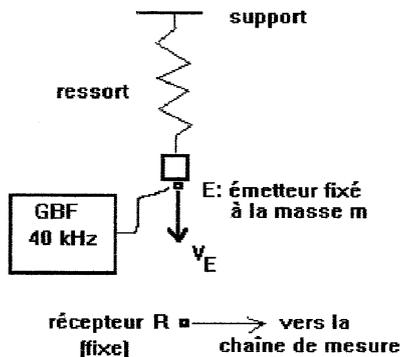
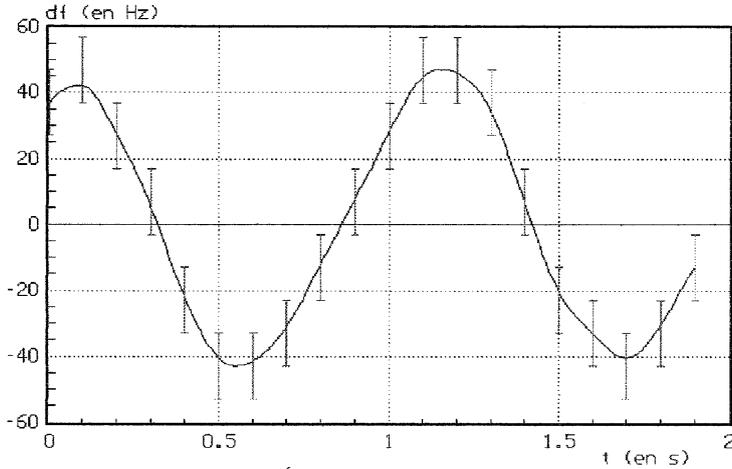


Figure 2

### Résultats obtenus

t (s)	f (Hz)	$\delta f$ (Hz)
0.00	40030	37
0.10	40040	47
0.20	40020	27
0.30	40000	7
0.40	39970	- 23
0.50	39950	- 43
0.60	39950	- 43
0.70	39960	- 33
0.80	39980	- 13
0.90	40000	7
1.00	40020	27
1.10	40040	47
1.20	40040	47
1.30	40030	37
etc.		

Les données affichées à l'écran sont ensuite transférées dans le logiciel GBA (grapheur...). Ce qui donne le graphique de la figure 3.



Le graphique précédent représente également la variation de la vitesse  $V_{EX}$  en fonction du temps puisque, selon la relation caractéristique de l'effet Doppler :

$$V_{EX} = V_{son} \delta f / f_0$$

le décalage en fréquence est proportionnel à la vitesse de l'émetteur par rapport au récepteur.

Il faut cependant préciser que la vitesse instantanée du mobile portant l'émetteur ne peut pas être obtenue avec une précision très grande (10 % à 15 % dans le meilleur des cas) : ceci est dû aux valeurs de la vitesse du mobile portant l'émetteur, qui restent très faibles par rapport à la célérité du son.

On constate qu'on retrouve bien sur la courbe de la figure 3 la valeur de la période propre des oscillations de la masse suspendue au ressort.

**En conclusion**, on peut dire que cette expérience constitue une mise en évidence possible de l'effet Doppler. On doit pouvoir aussi utiliser des ondes sonores dans une manipulation comparable. Du point de vue matériel, j'ai utilisé l'interface CASSY, disponible dans mon lycée, mais je pense que d'autres sont utilisables, à condition de pouvoir programmer une mesure de fréquence.