

Quand une vibration devient audible

Nouveaux programmes de Seconde

par Guy CATROUX

Lycée Le Mans-Sud

128, rue Henri Champion - 72000 Le Mans

PRÉSENTATION

Quand une vibration devient-elle audible ? Autrement dit, quand les vibrations du tympan sont-elles interprétables par le cerveau comme un son ? Cela dépend-il de l'amplitude, de la fréquence ?

L'expérience décrite ci-après permet l'enregistrement d'une oscillation mécanique libre et amortie et d'en mesurer la fréquence dans un domaine où la stroboscopie et la vidéo sont inopérantes. Un oscilloscope à mémoire (ici, le HAMEG 205-3) ou un ordinateur muni d'une carte d'acquisition autorisent la lecture du mouvement jusqu'à son extinction.

PRINCIPE

En diminuant la longueur libre l d'une lame élastique, on augmente la fréquence des oscillations jusqu'à ce qu'elles deviennent audibles pour l'expérimentateur.

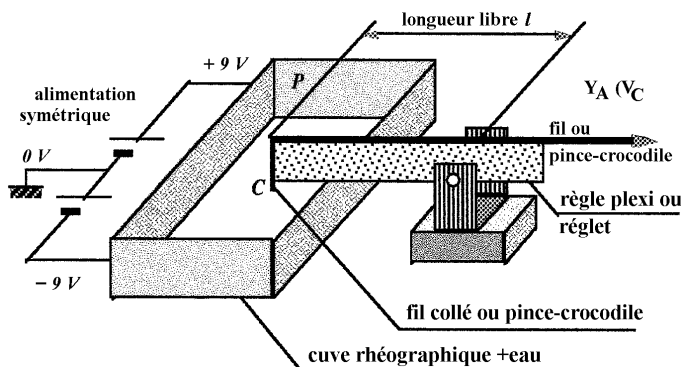
Par un montage potentiométrique avec une cuve rhéographique, on enregistre les oscillations libres et amorties de cette lame élastique en fonction du temps.

Un oscilloscope à mémoire ou un ordinateur (une carte d'acquisition et logiciel) permet l'obtention de l'oscillogramme de l'élongation du point choisi (l'extrémité par exemple) en fonction du temps.

De la mesure de la pseudo-période T , on déduit la fréquence des oscillations engendrant l'audition pour le manipulateur.

MATÉRIEL

- Un oscilloscope à mémoire ou ordinateur avec carte d'acquisition et logiciel.
- Une lame élastique conductrice (lame de scie ou réglet) ou non conductrice (règle en Plexiglas®) munie d'un fil sonde (dans ce cas, on peut suivre les elongations de deux points distincts sur les deux voies de l'oscilloscope).
- Une fixation rapide (de l'ensemble chute libre Jeulin par exemple) et un support lourd.
- Une cuve rhéographique et une alimentation symétrique : par exemple : deux piles de 9 V. L'eau suffira pour jouer le rôle d'électrolyte.



PROTOCOLE PROPOSÉ SUR HAMEG 205-3

- 1 - Hors de la cuve, modifier la longueur l de la lame jusqu'à ce que les vibrations soient audibles. Agir dans un environnement silencieux.
- 2 - Vérifier qu'aucun bouton de l'oscilloscope n'est enfoncé.
- 3 - Relier le fil sonde à la voie A choisie pour le déclenchement du balayage.
- 4 - Régler le balayage à 0,1 s/div.
- 5 - Enfoncer le bouton GND (ground) de la voie A et positionner la ligne 0 V à mi-hauteur de l'écran à l'aide de Ypos. Relâcher GND. Choisir la position $\approx$ (bouton sorti) pour un meilleur déclenchement en basse fréquence.
- 6 - Fixer la lame de façon que la longueur libre soit l . Déplacer l'ensemble lame-fixation pour que le potentiel V_C lu en voie A soit de 0 V (ligne médiane de l'écran). L'extrémité de la lame C est alors

approximativement au centre de la cuve. Ensuite, vérifier en bougeant l'extrémité de la lame, que le potentiel est proportionnel au déplacement et change de signe de part et d'autre de la position d'équilibre (voir Annexe).

7 - Vérifier que le déclenchement s'effectuera front descendant (bouton $\pm$ enfoncé).

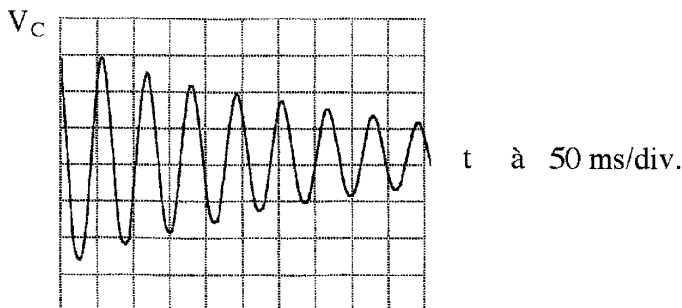
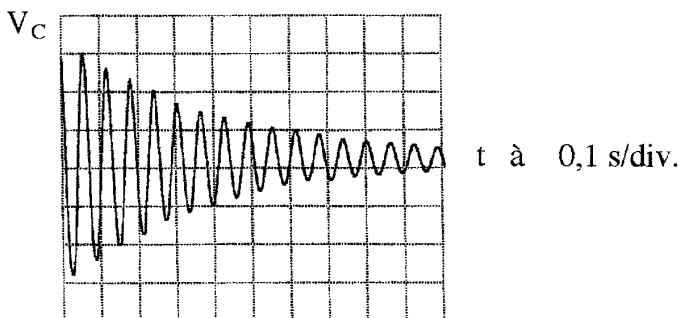
8 - Activer la mémoire en enfonçant le bouton STOR (store) et choisir l'option mono-coup SINGLE.

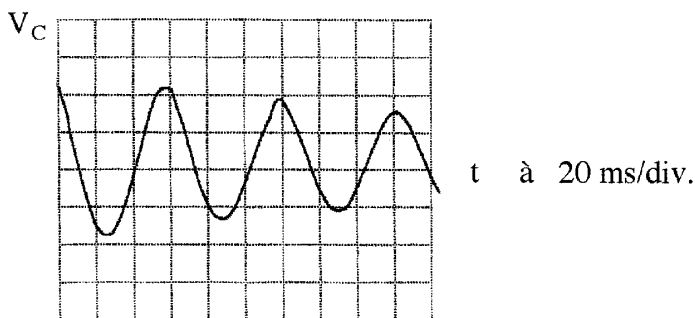
9 - Mettre en attente d'un signal en appuyant sur RESET.

10 - Tirer l'extrémité de la lame vers les potentiels positifs et lâcher : on obtient l'oscillogramme cherché. Si besoin est, modifier la sensibilité verticale et la vitesse de balayage puis recommencer à 8. Mesurer la période.

MESURES

Les trois oscillogrammes correspondent au son le plus grave émis par une règle en Plexiglas[®] de longueur libre 18 cm.





Dans cette expérience, les vibrations sont audibles à partir d'une fréquence de 17 Hz.

CONCLUSIONS

La difficulté est d'entendre le son extrême grave émis par la lame coincée sur le bord de la table : on peut quand même avoir un bon encadrement de la fréquence la plus basse audible en raccourcissant la lame qui émet assez vite un son de fréquence très audible. On vérifie qu'augmenter l'amplitude de la vibration ne rend pas un son audible si sa fréquence est trop petite.

Les oscillations de cette lame sont une bonne introduction aux notions de signaux périodiques vibratoires et le montage potentiométrique est réinvesti comme moyen de repérage de position.

En plus de la mesure de la période, les oscillogrammes permettent la visualisation de l'amortissement fluide de la lame et une discussion sur la dissipation d'énergie (nouveaux programmes de Première S) : on peut augmenter l'amortissement en fixant une plaque de polystyrène sur la règle (une palette dans la cuve risque «d'arroser» l'expérimentateur !).

Cette expérience est également utilisable en Terminale où la vitesse du curseur peut être obtenue en dérivant son potentiel, image de la position, par un montage dérivateur à base d'amplificateur opérationnel.

BIBLIOGRAPHIE

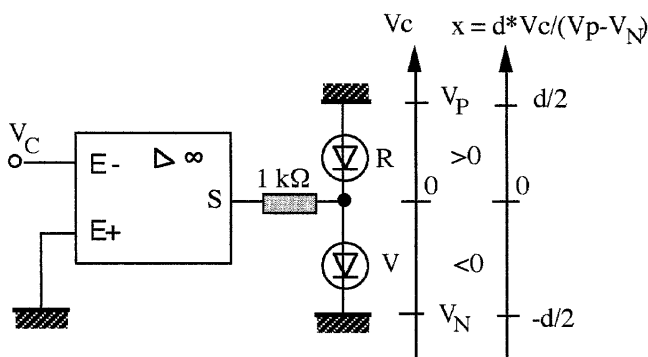
Mode d'emploi de l'oscilloscope à mémoire HAMEG 205-3 et de son imprimante.

Annexe

Dans le champ uniforme de la cuve rhéographique, une ligne de champ (parallèle aux plaques) est repérée par l'abscisse x telle que $x = 0$ pour $V_c = 0$ au centre de la cuve.

Le potentiel de C est $V_c = (V_P - V_N) x/d$.

x dépendant du temps, V_c est donc une fonction de x et de t . V_c est du signe de x . On peut visualiser ce signe avec un montage comparateur : quand $V_c > 0$, la DEL rouge s'allume, sinon, c'est la DEL verte.



Connaissant V_P (ici, 9 V) et V_N (ici, -9 V), et la distance d entre les plaques (ici, 20 cm), on peut reconstruire l'oscillogramme $x(t)$ connaissant V_c en fonction du temps.

L'alimentation symétrique (+ 9 V fils rouges comme la DEL, - 9 V verts idem) est utilisée pour la cuve rhéographique et l'amplificateur opérationnel.