

Mesure directe de la vitesse du son

Nouveaux programmes de seconde

par Guy CATROUX
Lycée Le Mans-Sud - 128, rue Henri Champion
72000 Le Mans

PRÉSENTATION

La mesure de la vitesse (célérité) du son dans l'air à partir de celle de la longueur d'onde impose d'avoir compris la différence de phase entre les surfaces d'onde à partir d'un émetteur périodique entretenu : ce type de mesure peut être qualifiée d'indirecte.

Ces difficultés pour un élève de seconde sont levées si l'on peut simplement mesurer la durée de propagation d'un seul signal acoustique sec («clap») entre deux positions.

Le présent article décrit le protocole expérimental utilisé avec un oscillographe à mémoire (HAMEG 205). L'adaptation à un autre oscillographe ne pose pas de problèmes. Un ordinateur muni d'une carte d'acquisition peut faire l'affaire (la mise au point est en cours avec la carte Candibus et le logiciel Labo d'une part, et avec le logiciel SoundEditpro sur Macintosh d'autre part).

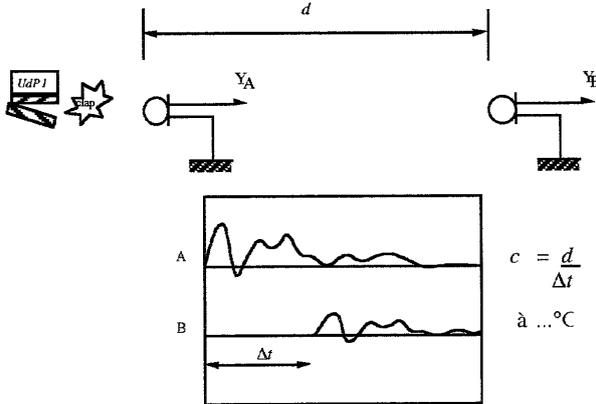
Cette mesure de la vitesse du son peut être réalisée en cours (avec un support vidéo - voir Annexe 2) ou dans une séance de T.P. tournants.

PRINCIPE DE LA MESURE DIRECTE

Deux microphones identiques A et B (électrets, à charbon ou dynamiques à bobine - voir Annexe 1) sont placés en alignement avec la source à une distance d l'un de l'autre (ou sur deux surfaces d'ondes distantes de d).

Ces deux micros A et B sont reliés aux voies A et B d'un oscilloscope à mémoire (ou ordinateur muni d'une carte d'acquisition).

Un son percussif («clap») est émis sur la ligne AB de façon que le son atteigne le micro A en premier ce qui déclenche le balayage de l'oscilloscope. Le micro B reçoit le signal avec le retard Δt dû à la célérité c à la température de la pièce.



PROTOCOLE PROPOSÉ SUR HAMEG 205-3

- 1 - Régler la distance entre les deux microphones (axes alignés éventuellement avec un banc d'optique) à 1 m.
- 2 - Connecter le micro A qui recevra le son en premier à la voie A choisie pour le déclenchement du balayage.
- 3 - Régler le balayage à 1 ms/div. ou 0,5 ms/div.
- 4 - Vérifier qu'aucun bouton de l'oscilloscope n'est enfoncé, notamment la mémoire (STOR.). Enfoncer alors DUAL : lecture des deux voies mais déclenchement sur A (à vérifier en claquant des doigts devant A - déclenchement - puis devant B pas de déclenchement).
- 5 - Enfoncer les deux boutons GND (ground) des voies A et B et positionner la ligne 0 V à deux hauteurs différentes sur le graticule à l'aide de Y pos. Relâcher GND.
- 6 - Régler le niveau de déclenchement sur la voie A :
 - enfoncer le bouton AT/NORM,
 - maintenir un son assez fort devant le micro A (siffler) et agir en même temps sur le bouton LEVEL de façon que le déclenchement ait lieu à **0 V front montant** (bouton \pm sorti).

7 - Activer la mémoire en enfonçant le bouton **STOR.** et choisir l'option mono-coup **SINGLE.**

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

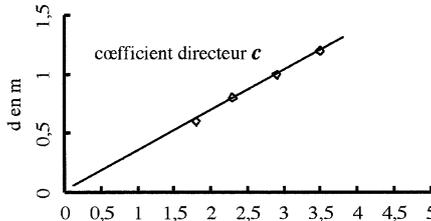
9 - Émettre un son bref avec le claquoir (pinces de chimie) puis lire Δt en prenant la date correspondant à **0 V front montant** sur la voie B. Éventuellement, choisir d'autres sensibilités verticales et vitesses de balayage puis recommencer à partir de 8. Compléter le tableau de mesures.

10 - Changer la distance d et recommencer à partir de 8. En traçant d en fonction de Δt , on atteint la vitesse c (célérité) du son à la température de la pièce.

MESURES

Les mesures suivantes ont été réalisées en classe entière (partie onde en première S). L'oscillogramme était visible de toute la classe sur un moniteur TV par l'intermédiaire d'une caméra vidéo (Annexe 2). Chacun pouvait calculer le Δt à 0,05 ms près associé à une distance d .

d en m	0,6	0,8	1	1,2
Δt en ms	1,8	2,3	2,9	3,5



La modélisation linéaire conduit au tracé d'une droite passant par l'origine (pas de retard de B sur A s'ils sont à la même distance de la source soit $d = 0$). Le calcul du coefficient directeur donne la vitesse du son :

$$c = 342 \text{ m/s à } 18^\circ\text{C}$$

A partir de la mesure faite à 20°C avec une précision de 1 % (voir Annexe 3), le calcul théorique donne :

$$c = 343 \sqrt{(291/293)} \text{ soit } 342 \text{ m/s}$$

CONCLUSIONS

Cette expérience :

- met bien en évidence le retard de réception du micro B sur le micro A dû à la propagation : visualisation sur l'oscillogramme de la partie plate en voie B,
- permet d'observer l'amortissement dû à la propagation : pour une même sensibilité verticale, le signal du micro B est d'amplitude plus petite (micros identiques),
- permet de constater que l'absorption croît avec la distance et la fréquence : le timbre varie avec la distance,
- est peu encombrante (1 m) et réalisable par plusieurs groupes dans la même salle (essais concluants avec différents micros),
- permet d'observer un son non périodique,
- conduit à une mesure parfaitement reproductible et d'une précision d'environ 1 %.

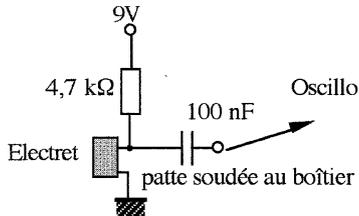
MATÉRIEL

- 1 oscilloscope à mémoire (ici, HAMEG 205-3) ou ordinateur avec carte d'acquisition et logiciel,
- 2 microphones identiques (voir Annexe 1),
- 1 guide gradué (banc d'optique ou de chute libre),
- 1 claquoir (2 morceaux de bois dur ou une pince de chimie neuve),
- éventuellement, 1 ensemble vidéo (voir Annexe 2) pour la mesure en classe entière.

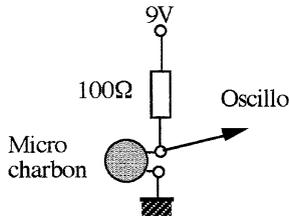
Annexe 1

Les microphones

1 - Montage avec des microphones Électret ($\approx 10 \text{ fF}$) :



2 - Montage avec des microphones à charbon (anciens combinés de téléphone) : alimenter le micro avec une pile de 9 V en série avec une résistance de façon à ne pas dépasser 50 mA.



3 - Montage avec des microphones électrodynamiques à bobine : la f.é.m. d'induction délivrée par la bobine est directement visualisable à l'oscilloscope.

Dans tous les cas, monter les microphones sur une embase pouvant coulisser dans un banc gradué (optique, chute libre Jeulin, etc.). Cette embase peut recevoir le circuit d'alimentation des électrets ou micro à charbon.

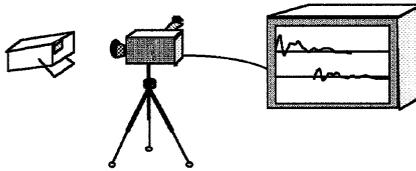
Annexe 2

Présentation par la vidéo

Pour montrer une expérience, il suffit d'une caméra vidéo montée sur pied et d'un moniteur de dimensions adaptées à celles de la salle. Dans cette configuration, il n'y a besoin ni de magnétoscope ni de cassette vidéo.

Pour obtenir des images d'excellente qualité, on choisira une caméra vidéo Hi-8 ou S-VHS raccordée à un moniteur équipé de prises S ou Y/C (mini-Din).

Une bonne qualité sera obtenue avec toute caméra vidéo reliée au moniteur TV par la prise péritel. C'est la configuration matérielle la plus courante. Le moniteur est dans la position Audio-Vidéo.



Ici, en cadrant sur l'écran de l'oscilloscope, toute la classe pourra lire un oscillogramme aux dimensions d'un moniteur TV de 70 cm de diagonale et de même proportion 3:4.

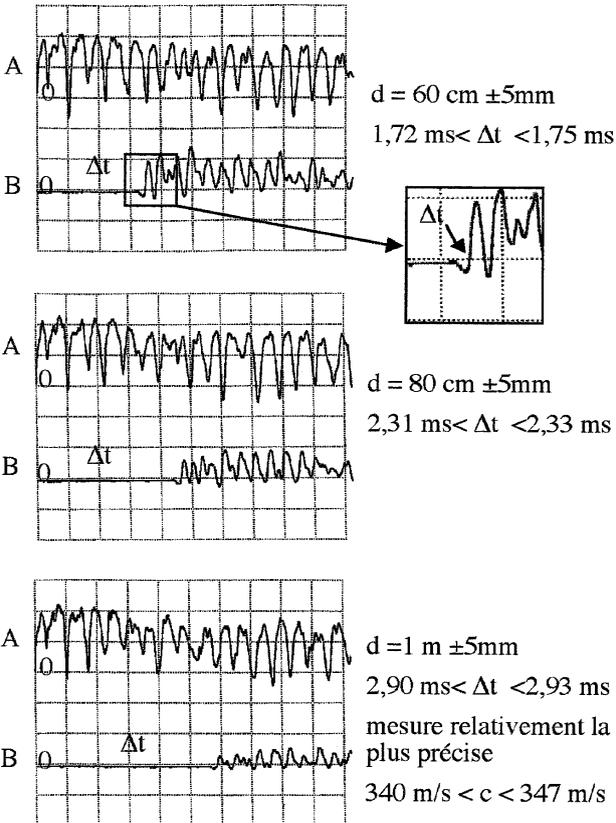
BIBLIOGRAPHIE

- E. de ZERBI - B.U.P. n° 711 (février 1989) p. 180.
- C. HERNANDEZ - B.U.P. n° 717 (octobre 1989) p. 1230-1231.
- P. MAGNIEN - B.U.P. n° 647 (octobre 1982) p. 65.
- Mode d'emploi de l'oscilloscope HAMEG 205-3.

Annexe 3

Oscillogrammes

Les trois oscillogrammes ont été obtenus sur l'imprimante HAMEG couplée à l'oscilloscope. La vitesse de balayage vaut 0,5 ms/div. La température de l'air était 20 °C.



La vitesse du son vaut 343 m/s à 1 % près de 20°C.