
OLYMPIADES DE PHYSIQUE – OLYMPIADES DE PHYSIQUE – OLYMPIAD



Isolation phonique

LYCÉE

Lycée Léonard de Vinci - 37400 Amboise (*Orléans-Tours*)

PARTICIPANTS

Professeur

Christian MABILAT

Élèves

Terminale S : Fabien DÉsirÉ, Romain GASNIER, Antoine GODIN, Julien PREX,
Damien RIOLAND et Nicolas SAURIN

Conseiller

M. GERVAIS - Laboratoire d'électrodynamique des matériaux avancés -
Université de Tours

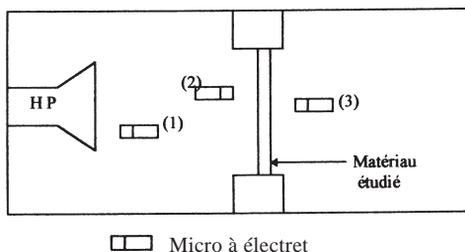
OBJECTIF

Rechercher les matériaux d'usage courant présentant la meilleure absorption des sons.

PROTOCOLE

Après une étude comparative des sensibilités de trois microphones à électret, le groupe a élaboré une boîte simulant une chambre sourde.

 OLYMPIADES DE PHYSIQUE – OLYMPIADES DE PHYSIQUE – OLYMPIAD



Les trois microphones ont été disposés de manière à permettre les mesures des amplitudes a_i des ondes sonores incidentes émises par un haut-parleur, des amplitudes a_r des ondes réfléchies, et celles a_t des ondes transmises.

L'étude a été réalisée pour trois fréquences : 300, 1000 et 2600 Hz. La détermination du taux d'absorption a été obtenue en considérant le modèle simple d'une onde plane. En considérant le principe de conservation de l'énergie, et en notant I_i la puissance incidente atteignant le matériau, I_t la puissance transmise, I_r celle réfléchie et I_a celle absorbée on a :

$$I_i = I_r + I_t + I_a \quad \text{ou} \quad 1 = \frac{I_r}{I_i} + \frac{I_t}{I_i} + \frac{I_a}{I_i}$$

Or les puissances considérées sont proportionnelles au carré des amplitudes des signaux. Le taux d'absorption est défini par $A = \frac{I_a}{I_i} \times 100$ et a été calculé par la relation :

$$A = \left[1 - \left(\frac{a_r}{a_i} \right)^2 - \left(\frac{a_t}{a_i} \right)^2 \right] \times 100$$

Les valeurs des amplitudes ont été mesurées grâce aux signaux fournis simultanément par les trois micros reliés à une carte d'acquisition.

Remarque : Nous avons comparé les amplitudes que donnaient les trois micros pour un même signal et dans les mêmes conditions expérimentales. Nous avons dû appliquer des coefficients permettant d'obtenir la même valeur dans les trois cas et ce pour chaque fréquence.

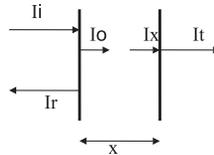
 OLYMPIADES DE PHYSIQUE – OLYMPIADES DE PHYSIQUE – OLYMPIAD

RÉSULTATS

Exemple de calculs : ainsi pour une mousse de polyéthylène de 2,9 cm d'épaisseur et de masse volumique $32,7 \text{ mg.cm}^{-3}$, les amplitudes corrigées valaient à 300 Hz :

$$a_i = 473 \text{ mV}, a_r = 168 \text{ mV}, a_t = 20 \text{ mV} \quad \text{d'où : } A = 87 \%$$

Nous avons été amenés à déterminer une grandeur indépendante de l'épaisseur du matériau : μ le coefficient d'absorption exprimé en m^{-1} .



x est l'épaisseur du matériau : $\frac{I_x}{I_o} = e^{-\mu x}$; $I_o = I_i - I_r$.

En considérant que le coefficient de transmission T est le même pour une propagation dans des sens opposés à travers une même face du matériau :

$$T = \frac{I_o}{I_i} = \frac{I_t}{I_x} \quad ; \quad I_x = \frac{I_t \cdot I_i}{I_o}$$

Comme $I_i = k \cdot a_i^2$, $I_t = k \cdot a_t^2$ et $I_r = k \cdot a_r^2$, on obtient :

$$\mu = -\frac{1}{x} \text{Ln} \left[\frac{\left(\frac{a_t^2}{a_i^2} \right)}{\left(1 - \frac{a_r^2}{a_i^2} \right)^2} \right]$$

Ainsi pour la mousse de polyéthylène déjà citée et à 300 Hz nous avons obtenu $\mu = 210 \text{ m}^{-1}$.

On a pu comparer les valeurs de A pour chaque fréquence et pour une dizaine de matériaux divers.

OLYMPIADES DE PHYSIQUE – OLYMPIADES DE PHYSIQUE – OLYMPIAD

Les calculs du coefficient d'absorption μ ont été effectués pour chaque matériau sans cependant permettre de réaliser une correspondance avec leur masse volumique.

Cependant les valeurs obtenues pour A comme pour μ , sont entachées d'erreurs systématiques dues, d'une part au modèle utilisé, d'autre part au fait qu'aucun étalonnage n'a été réalisé permettant d'introduire un terme correctif sur a_i (micro 2) afin de tenir compte de l'amortissement dans l'air et des réflexions multiples dans cette partie de la boîte.

Une association de deux matériaux a été effectuée afin d'obtenir une meilleure absorption aux différentes fréquences étudiées.

CONCLUSION

Les élèves ont noté l'intérêt d'un travail collectif laissé à leur initiative, de l'utilisation d'outils performants comme l'oscilloscope à mémoire, d'une carte d'acquisitions avec son logiciel permettant d'obtenir simultanément les trois signaux incidents, réfléchis et transmis, ainsi que de l'emploi d'Excel pour l'automatisation des calculs.

Ils ont apprécié les visites qu'ils ont réalisées pour prendre connaissance d'études analogues réalisées par une entreprise de la région concernant les sols d'appartement et celles menées dans la chambre anéchoïque de l'IRCAM. D'autre part, il faut mentionner les relations de sympathie qui se sont développées dans le groupe.