

EXERCICE 1 (4 points) (physique-chimie et mathématiques)

Isolation phonique et réverbération

La réverbération est un phénomène acoustique qui désigne la persistance d'un son dans un espace clos lorsque sa source a cessé d'émettre.

Pour atténuer ce phénomène, une solution consiste à installer des panneaux de matériaux absorbants acoustiques sur les murs. Cet exercice étudie les propriétés d'absorption acoustique de deux matériaux, la mousse de mélamine et le feutre acoustique.

Donnée : On rappelle la relation entre niveau sonore et intensité acoustique :

$$L = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

où :

- L est le niveau sonore en dB ;
- I est l'intensité acoustique du son considéré en $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- I_0 est l'intensité acoustique correspondant au seuil conventionnel d'audibilité, soit $10^{-12} \text{W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- \log désigne le logarithme décimal.

Q1. Calculer la valeur de l'intensité acoustique I_1 correspondant à un son de niveau sonore $L_1 = 85$ dB.

Pour caractériser l'absorption des ondes sonores dans la mousse de mélamine, on place une source d'ondes sonores en contact avec une plaque de ce matériau, comme représenté sur la figure 1. On note $I(x)$ l'intensité acoustique de l'onde sonore après traversée d'une épaisseur x de matériau absorbant.

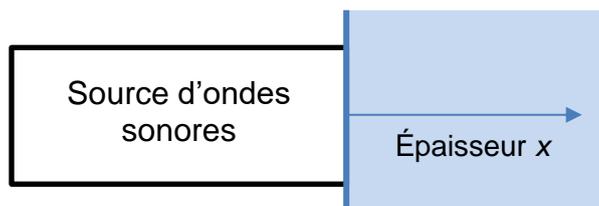


Figure 1 – Émission d'une onde sonore dans une plaque de mousse de mélamine.

Dans un modèle simple, on montre que l'intensité sonore $I(x)$ dans la mousse de mélamine vérifie la relation :

$$\frac{dI}{dx} = -\mu I(x)$$

où μ est un coefficient caractéristique du matériau.

Pour la mousse de mélamine, on a : $\mu = 0,262 \text{ cm}^{-1}$.

Pour des valeurs de x , en cm, l'intensité acoustique $I(x)$ peut donc être obtenue en résolvant l'équation différentielle :

$$(E) : y' = - 0,262 y$$

Q2. Déterminer les solutions sur $[0 ; +\infty[$ de l'équation différentielle (E).

Q3. Montrer que la fonction f définie sur $[0 ; +\infty[$ par $f(x) = 3,2 \cdot 10^{-4} e^{-0,262x}$ est la solution particulière de (E) vérifiant la condition initiale $f(0) = 3,2 \cdot 10^{-4}$.

Q4. Résoudre sur $[0 ; +\infty[$ l'équation $e^{-0,262x} = 0,5$. Déterminer la distance de propagation d au bout de laquelle l'intensité acoustique de l'onde est divisée par 2.

On étudie par ailleurs expérimentalement les propriétés d'une plaque d'isolant acoustique constituée de feutrine de polyester, selon le protocole suivant.

Dans une première expérience, le signal sonore est reçu directement par un récepteur après propagation dans l'air (figure 2.a). Dans une deuxième expérience, on intercale une plaque de feutrine de polyester entre l'émetteur et le récepteur (figure 2.b). Le signal reçu est, dans les deux cas, visualisé à l'oscilloscope, comme indiqué sur les figures 2.a et 2.b ci-après. La puissance de l'onde émise par l'émetteur est identique dans les deux cas. Au cours des deux expériences, on néglige l'atténuation du son dans l'air.

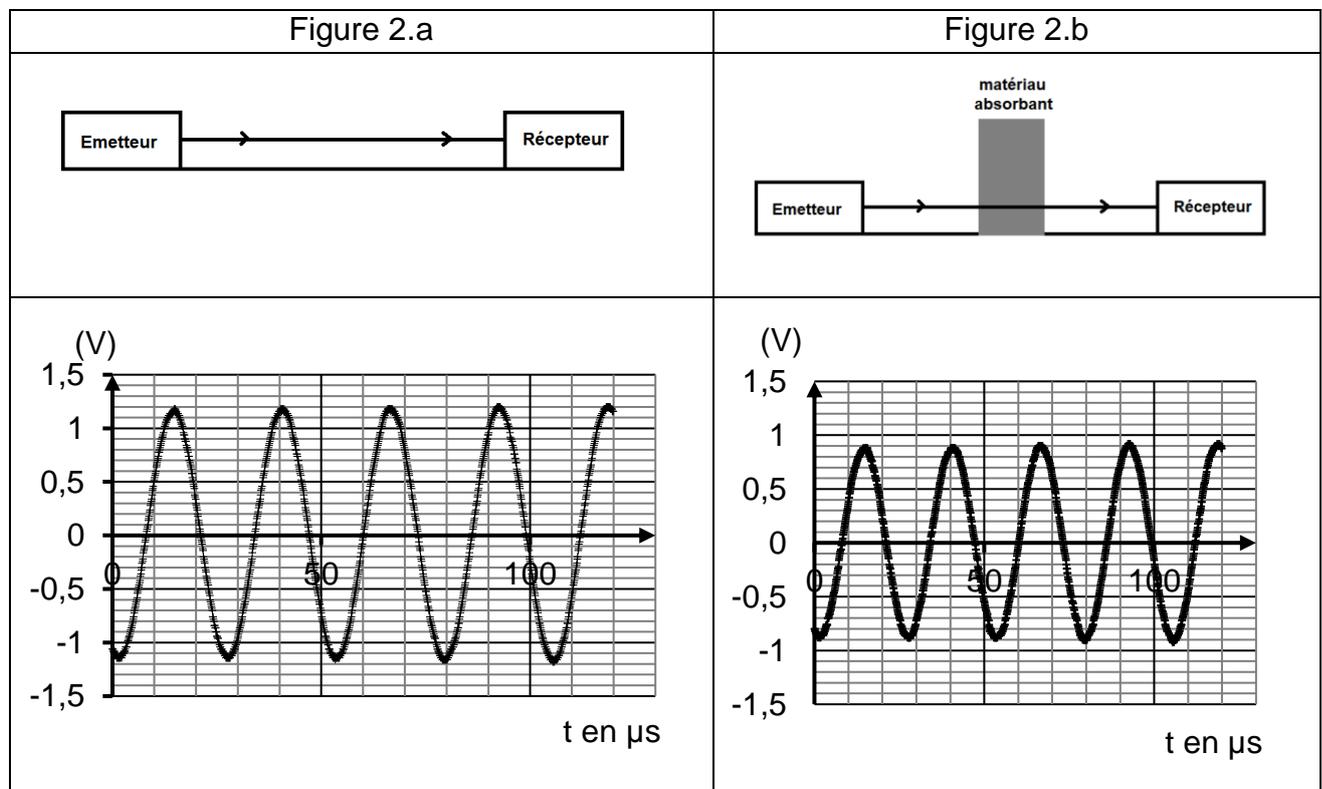


Figure 2 – Étude d'une plaque d'isolant acoustique

On note U_a l'amplitude du signal reçu dans la première expérience, et U_b celle du signal reçu dans la deuxième expérience, en présence de la plaque absorbante.

Les intensités acoustiques correspondantes sont respectivement notées I_a et I_b .

On précise que le rapport des intensités acoustiques $\frac{I_b}{I_a}$ est donné par la relation :

$$\frac{I_b}{I_a} = \left(\frac{U_b}{U_a}\right)^2$$

Q5. Grâce aux figures 2.a et 2.b, calculer le rapport des amplitudes $\frac{U_b}{U_a}$.

Pour une plaque d'isolant acoustique, on définit le coefficient d'absorption acoustique

$\alpha = 1 - \frac{I_b}{I_a}$, de valeur comprise entre 0 et 1, qui correspond au rapport entre l'intensité absorbée par la plaque et l'intensité incidente.

Plus le coefficient α est élevé, plus la plaque absorbe efficacement les ondes sonores.

Q6. En s'appuyant sur le document 1 ci-après, montrer que la plaque étudiée est de classe D.

Valeur de α	Classe d'absorption
$\alpha > 0,90$	A
$0,80 < \alpha \leq 0,90$	B
$0,60 < \alpha \leq 0,80$	C
$0,30 < \alpha \leq 0,60$	D
$0,15 < \alpha \leq 0,30$	E
$\alpha < 0,15$	Non classé

Document 1 – Classes d'absorption acoustique de matériaux absorbants, selon la norme ISO 11654