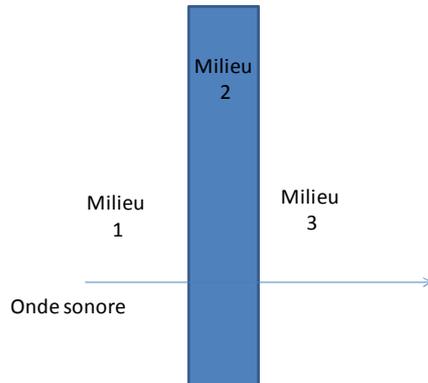


Acoustique

Exercice 1 : Passage du son à travers une vitre en verre



Les phénomènes d'absorption et de réflexions multiples seront négligés.

Données : $c_{\text{verre}} = 5650 \text{ m/s}$ et $\rho_{\text{verre}} = 2500 \text{ kg/m}^3$

$c_{\text{air}} = 340 \text{ m/s}$ et $\rho_{\text{air}} = 1,3 \text{ kg/m}^3$

Le coefficient de transmission énergétique pour le passage du son de l'air dans la vitre s'écrit :

$$T_{1 \rightarrow 2} = \frac{4 Z_{\text{air}} Z_{\text{verre}}}{(Z_{\text{air}} + Z_{\text{verre}})^2}$$

1. Calculer l'impédance acoustique de l'air et de la vitre.
2. Faire l'application numérique $T_{1 \rightarrow 2}$ (en %). En déduire l'atténuation correspondante (en dB).
3. Calculer le pourcentage d'énergie transmise lors du passage à travers la vitre : $T_{1 \rightarrow 3}$. En déduire l'atténuation globale.
4. Quel est le niveau acoustique minimal d'un son externe, audible à l'intérieur ? Critiquer ce résultat.
5. Montrer que l'utilisation d'un double vitrage permet de renforcer l'isolation phonique.

Exercice 2 : Expérience historique de l'effet Doppler

Afin de vérifier la théorie de C. Doppler, le scientifique C. Buys-Ballot a réalisé l'expérience suivante: Trois musiciens à bord d'un train jouent la même note de musique de fréquence f_E . D'autres musiciens postés le long de la voie ferrée observent la situation et tentent d'identifier la note entendue lors de l'approche du train. On étudie les deux cas suivants : dans le référentiel terrestre, le train est tout d'abord immobile puis, il s'approche de la gare à vitesse constante

Données : Célérité du son dans l'air : $c = 340 \text{ m.s}^{-1}$ Intensité sonore audible $I_0 = 1,0 \cdot 10^{-12} \text{ W/m}^2$

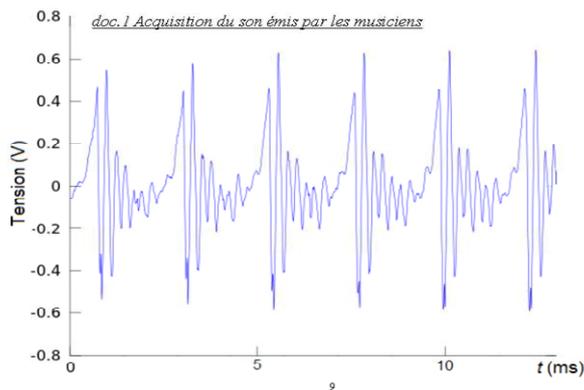
L'onde sonore produite par les musiciens est une onde matérielle, audible, périodique et progressive.

Partie 1 : Train immobile

Le train, immobile, est situé à la distance $d = 150 \text{ m}$ de la gare.

1. Quelle est la durée mise par le son pour parvenir jusqu'aux observateurs?
2. Calculer le niveau sonore L (en dB) perçu par un voyageur placé à 5 m des 3 musiciens sachant que l'intensité sonore produite par un seul musicien vaut $I_1 = 3,3 \cdot 10^{-4} \text{ W/m}^2$
3. Pourquoi le niveau sonore perçu par les observateurs de la gare est-il plus faible que pour le voyageur du train ?

Dans le train, le voyageur réalise l'acquisition du son puis visualise le signal.



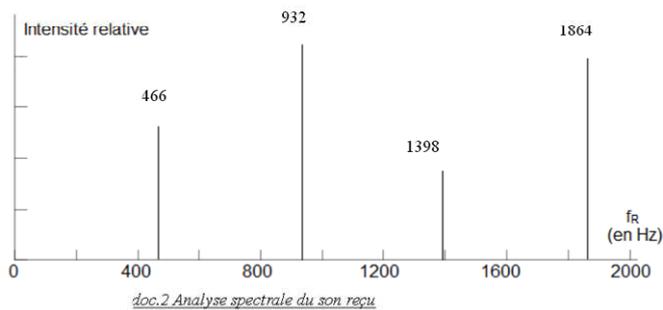
4. Ce son est-il pur ou complexe? Justifier.
5. Déterminer de façon précise la période temporelle T de ce signal (3 chiffres significatifs).
6. En déduire la valeur de sa fréquence f_E .
7. Quel nom donne-t-on à cette fréquence?
8. Quelle est la note jouée par les musiciens?
9. Calculer la longueur d'onde λ de cette onde.

| Note | Fa | Fa [#] | Sol | La ^b | La | La [#] | Si |
|-------|-----|-----------------|-----|-----------------|-----|-----------------|-----|
| f(Hz) | 349 | 370 | 392 | 415 | 440 | 466 | 494 |

Partie 2 : Train en mouvement rectiligne uniforme

Lorsque le train s'approche de la gare, les observateurs réalisent à leur tour l'acquisition du son reçu.

Puis, par transformée de Fourier, ils visualisent son spectre en fréquence.



1. A partir de cette analyse spectrale, vérifier la valeur de la fréquence f_R de la note entendue par les observateurs.

2. Comment appelle-t-on les fréquences multiples entières de la fréquence f_R ?
3. Le son perçu est-il plus aiguë, le même ou plus grave que le son produit par les musiciens? Justifier.
4. Expliquer le phénomène à l'origine du décalage des fréquences entre l'onde émise et l'onde perçue.

La relation permettant de calculer la vitesse v d'un émetteur sonore s'approchant d'un observateur immobile est :: $f_R = f_E \times (1 + c/v)$.

5. Calculer la vitesse v (en m.s^{-1}) de déplacement du train.

Exercice 3

Une source sonore de puissance acoustique 0,05 W émet dans un local un son de fréquence $f=1000$ Hz.

1. Déterminer le niveau de puissance L_w de cette source.
2. En supposant cette source omnidirectionnelle et ponctuelle, déterminer le niveau d'intensité L_1 en un point M situé à 5 m de cette source. On se placera dans l'hypothèse du champ direct.
3. A quelle distance de la source le niveau d'intensité est-il inférieur de 6 dB à celui déterminé au point M.
4. Ce local présente un temps de réverbération $T_R=1,5$ s. Ses dimensions sont $L=20\text{m}$; $l=10\text{m}$; $h=3\text{m}$.
 - a. Déterminer l'aire équivalente d'absorption A_1 de ce local.
 - b. En déduire le coefficient moyen d'absorption α_1 .
 - c. Calculer l'aire d'absorption équivalente A_S du sol.
 - d. Calculer le niveau de pression L_p en un point du local situé assez loin de la source pour n'avoir à tenir compte que de la réverbération.
5. On recouvre le plafond et les murs du local d'un matériau acoustique de coefficient d'absorption α de façon à abaisser le niveau de pression à la valeur $L'_p=90\text{dB}$. Choisir parmi les 3 matériaux suivants le plus approprié en justifiant le choix par un calcul :

plâtre : $\alpha=0,03$; plâtre acoustique : $\alpha=0,47$; laine de roche : $\alpha=0,44$

Données : Valeur de référence : $W_0=10^{-12}$ W et $I_0=10^{-12}$ W.m⁻² à 1000 Hz
Champ direct : $W=4\pi r^2 I$; champ réverbéré : $L_p=L_w +6 - 10 \log A$
Formule de Sabine : $T_R=0,16 V / A$ où V est le volume total.

Exercice 4

On désire corriger le niveau acoustique dans un local de dimensions suivantes : longueur $L = 10,00$ m ; largeur $l = 6,00$ m ; hauteur $h = 3,00$ m. Les ouvertures se composent de la façon suivante : 4 portes en bois de surface 3 m^2 chacune et 6 fenêtres de surface $3,50 \text{ m}^2$ chacune.

Les sons sont étudiés à la fréquence de 1000 Hz. On donne les coefficients d'absorption a à la fréquence de 1000 Hz des matériaux revêtant les surfaces de ce local :

| Revêtements | Mur en béton | Porte en bois | Plafond en plâtre | Sol en bois | Fenêtre en simple vitrage |
|-------------------------------------|--------------|---------------|-------------------|-------------|---------------------------|
| Coefficient d'absorption α_i | 0,03 | 0,09 | 0,04 | 0,07 | 0,12 |
| S_i (détail du calcul) | | | | | |

1. Déterminer la surface d'absorption équivalente de la salle A pour le local étudié. Vérifier si l'on peut se placer dans l'hypothèse de Sabine.
2. Calculer le temps de réverbération du local RT_{60} .
3. Ce temps de réverbération est trop grand. On souhaite le corriger en le ramenant à : $RT_{60}' = 0,7$ s.
4. Déterminer la nouvelle surface d'absorption équivalente A' . Peut-on toujours considérer que nous sommes dans l'hypothèse de Sabine ?
5. On effectue cette correction en recouvrant la totalité du plafond d'un matériau absorbant. Quel matériau, pris dans le tableau ci-dessous, faut-il choisir pour obtenir cette correction ?

| Matériaux | α à 1000 Hz |
|-----------|--------------------|
| Isolnet | 0,54 |
| Baïsson | 0,59 |
| Acoustex | 0,62 |
| Absorbto | 0,75 |
| Anulson | 0,80 |