

BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR

CHARPENTE COUVERTURE

SESSION 2003

EPREUVE DE SCIENCES PHYSIQUES

durée : 2 heures - coefficient : 1,5

Le sujet comprend 5 pages, numérotées de 1/5 à 5/5

La clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviendront pour une part importante dans l'appréciation des copies. L'usage de la calculatrice est autorisé.

PROBLEME 1 : ISOLATION ACOUSTIQUE

PARTIE A : Nuisance sonore.

On rappelle que :

- le niveau d'intensité acoustique ou niveau sonore L s'exprime par : $L = 10 \cdot \log \frac{I}{I_0}$
 I étant l'intensité sonore (puissance sonore reçue par unité de surface du récepteur) et I_0 l'intensité sonore de référence : $I_0 = 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$
- le niveau de puissance acoustique L_w d'une source s'exprime par : $L_w = 10 \cdot \log \frac{P}{P_0}$
 P étant la puissance acoustique de la source et P_0 , la puissance acoustique de référence :
 $P_0 = 10^{-12} \text{ W}$.
- la fonction réciproque de la fonction $y = \log x$ est la fonction $x = 10^y$.
- la surface S d'une sphère de rayon R est donnée par : $S = 4\pi R^2$

Une usine bruyante est assimilée pour simplifier à une source sonore ponctuelle émettant des ondes sonores sphériques, de niveau de puissance $L_w = 100 \text{ dB}$. On suppose pour simplifier que le son émis se propage de manière identique dans toutes les directions de l'espace.

Une habitation est située à une distance $d = 20 \text{ m}$ de cette usine.

A.1 Calculer la puissance acoustique P émise par la source.

A.2 Exprimer l'intensité sonore I à distance d de la source en fonction de P et de d ; en déduire la valeur numérique de I au niveau de l'habitation.

Si l'habitation était située à distance $2d$, quelle serait la nouvelle valeur de l'intensité à son voisinage ?

A.3 En déduire le niveau sonore L_1 à proximité directe de l'habitation. Est-ce tolérable ? Comparer à des niveaux sonores connus.

A.4 La vitesse de propagation du son dans l'air étant approximativement $v = 340 \text{ m.s}^{-1}$, calculer, pour un son pur de fréquence $f_1 = 400 \text{ Hz}$, sa longueur d'onde dans l'air.

PARTIE B : Isolation acoustique d'un vitrage.

On s'intéresse au phénomène de transmission du son par les ouvertures de l'habitation. On admet que le bruit généré par l'usine pénètre dans l'habitation uniquement par la baie vitrée de grandes dimensions (2mx3m) faisant face à l'usine et qui reçoit les ondes sonores émises ; on néglige l'influence des autres parois dans la transmission du son de l'extérieur vers l'intérieur. Il n'y a pas d'autres sources de bruit.

L'indice d'affaiblissement acoustique brut D d'une paroi est défini par $D = L_1 - L_2$

L_1 étant le niveau sonore en amont de la paroi (extérieur)

L_2 le niveau sonore en aval de la paroi (intérieur de l'habitation), le son se propageant de l'amont vers l'aval.

B.1 La fenêtre est équipée d'un simple vitrage.

L'indice d'affaiblissement D d'une paroi simple est, en première approximation, donné par la **loi de masse** pour des fréquences supérieures à la fréquence de résonance de la paroi.

D dépend du matériau constituant la paroi et de la fréquence des sons transmis. Cette *loi de masse* est représentée graphiquement sur le document en **annexe 1** pour 5 valeurs de la fréquence dans le domaine audible (document 3, la masse surfacique m_s étant en abscisses).

B.1.1 Si les dimensions de la fenêtre étaient plus petites (de l'ordre de 0,80 m x 0,80 m par exemple), quel autre phénomène lié à la nature ondulatoire du son serait susceptible d'intervenir ? Pourquoi ?

B.1.2 Calculer la masse surfacique (masse par unité de surface) m_s d'un vitrage d'épaisseur 4 mm et celle d'un vitrage d'épaisseur 8 mm. Préciser les unités. On donne la masse volumique du verre : $\rho = 2500 \text{ kg.m}^{-3}$.

B.1.3 Déterminer à l'aide du graphique représentatif de la loi de masse donné en annexe1-document 3, en utilisant les valeurs de m_s précédentes, l'indice d'affaiblissement D à la fréquence $f_1 = 400$ Hz pour des simples vitrages d'épaisseurs 4 mm et 8 mm .

B.1.4 En considérant que la nuisance sonore peut être assimilée à un son pur de fréquence $f_1 = 400$ Hz entraînant un niveau d'intensité sonore $L_1 = 63$ dB, au voisinage proche de la maison, déduire les valeurs des niveaux L_2 à l'intérieur de l'habitation pour **les deux** épaisseurs de verre considérées.

B.1.5 Comparer ces deux valeurs de l'indice d'affaiblissement D à celles de la documentation (annexe1 - document 1) pour un simple vitrage de 4 mm et 8 mm. Y-a-t'il concordance ?

B.2 Fréquence de résonance et fréquence critique.

En réalité, il existe deux fréquences, correspondant à deux modes de vibration de la paroi, pour lesquelles le son est beaucoup mieux transmis par le vitrage :

- la fréquence de résonance située en général vers les basses fréquences.
- la fréquence critique f_c ou première fréquence de coïncidence située vers les hautes fréquences. Ce « trou » dans l'isolation phonique dû à la fréquence critique peut se révéler très gênant. Cette fréquence critique est donnée par la formule :

$$f_c = \frac{v^2}{2\pi} \sqrt{\frac{m_s}{B}}$$

Dans cette formule :

- $v = 340 \text{ m.s}^{-1}$, est la célérité du son dans l'air à la température ambiante.
- m_s est la masse surfacique de la paroi (ici le vitrage).
- B est un coefficient qui dépend de l'épaisseur e de la paroi. Il est proportionnel au cube de l'épaisseur du matériau: $B = k \cdot e^3$ avec $k = 5,28 \cdot 10^9 \text{ S.I.}$ pour le verre.
 e étant l'épaisseur de la paroi en mètre.

B.2.1 Si, dans cette formule, les différentes grandeurs sont exprimées selon les unités S.I., quelle sera l'unité du coefficient k ?

B.2.2 Calculer la fréquence critique f_c pour un vitrage simple de 4 mm et 8 mm.

B.2.3 Comparer ces valeurs à celles de la documentation pour un vitrage simple de 4 mm et 8 mm.

B.2.4 Si l'on augmente l'épaisseur de la vitre, on peut espérer augmenter D ; comment évolue alors la fréquence critique ? Commentez.

B.3 La fenêtre est équipée d'un double vitrage.

En première analyse l'indice d'affaiblissement devrait être augmenté, mais il n'en est rien, car les deux vitres se comportent comme des oscillateurs couplés.

Les fréquences de résonance du double vitrage sont généralement plus élevées que celle d'un simple vitrage ; elles peuvent donc devenir gênantes.

B.3.1 Si la nuisance sonore peut être assimilée à un son pur de fréquence $f_1 = 400$ Hz entraînant un niveau d'intensité sonore $L_1 = 63$ dB au voisinage extérieur de l'habitation, déterminer les valeurs des affaiblissements produits par un simple vitrage de 4 mm et par un double vitrage [4-12-4] **en utilisant la documentation**.

En déduire les niveaux L_2 à l'intérieur dans ces deux cas. Conclusions ?

B.3.2 D'après le document 2 annexe 1, quelle est la fréquence de résonance de ce double vitrage [4-12-4] ?

B.3.3 Reprendre la question **B.3.1** avec un double vitrage asymétrique [8-12-4].

A cette fréquence $f_1 = 400$ Hz, ce double vitrage asymétrique est-il intéressant du point de vue de l'isolation acoustique par rapport à un double vitrage [4-12-4] et par rapport à un simple vitrage de 8 mm ?

B.3.4 Quel est l'avantage de ce double vitrage asymétrique si on s'intéresse à tout le spectre des fréquences audibles et en particulier aux fréquences comprises entre 2kHz à 4kHz ?

PROBLEME 2 : MOUVEMENT D'UNE LAME DE SCIE CIRCULAIRE

La lame d'une scie circulaire est entraînée par un moteur électrique. On assimilera la lame à un disque de masse $m = 230 \text{ g}$ et de rayon $R = 12 \text{ cm}$ qui tourne autour de son axe.

On donne l'expression du moment d'inertie du disque par rapport à son axe $J = (1/2) mR^2$

PARTIE 1 : Rotation de la lame.

La lame est animée d'un mouvement de rotation uniforme grâce au moteur qui lui fournit une puissance $P_u = 1400 \text{ Watt}$. La vitesse de rotation de la lame est $n = 2500 \text{ tr.min}^{-1}$.

1.1 Calculer en rad/s, la vitesse angulaire Ω de la lame. Citer un dispositif permettant de mesurer la vitesse angulaire d'un système mécanique en rotation autour d'un axe en donnant brièvement le principe.

1.2 Calculer la vitesse v d'un point de la périphérie de la lame.

1.3 Calculer le moment T_u du couple moteur.

1.4 Le rendement énergétique du moteur étant égal à 0,9, que vaut la puissance électrique P_e absorbée par ce moteur ?

PARTIE 2 : Phase de ralentissement de la lame.

La lame tournant à vide, à la vitesse $n_0 = 3755 \text{ tr.min}^{-1}$, on coupe l'alimentation du moteur et on enregistre l'évolution de la vitesse et de la position angulaires de la lame au cours du temps (**annexe 2, figures 1 et 2**). La position origine est celle de la lame à l'instant où on coupe l'alimentation.

L'arbre supportant la lame est soumis à deux couples **résistants** :

- un couple de frottements solides de moment de module constant T_r ,
- un couple de frottements fluides dû à la résistance de l'air de moment T_f ; le module de ce moment est proportionnel au carré de la vitesse angulaire : $|T_f| = k \cdot \Omega^2$.

2-1 Ecrire l'équation fondamentale de la dynamique pour la rotation du disque au cours de cette phase.

2-2 D'après les enregistrements des figures 1 et 2, quelle est la durée approximative de cette phase de ralentissement ? Combien la lame fait-elle de tours avant de s'arrêter ?

2-3 Lorsque la vitesse devient suffisamment faible, l'effet de la résistance de l'air est négligeable. Montrer alors que, dans ce cas, la vitesse angulaire peut s'écrire $\Omega = -a t + b$ où a est une constante positive. On donnera l'expression de a en fonction de T_r et J .

2-4 Vérifier, avec l'aide de la figure 2, que $T_r \approx 2 \cdot 10^{-3} \text{ N.m}$.

2.5 Calculer le travail W_r de ce couple de frottement solide pendant toute la phase de ralentissement du disque.

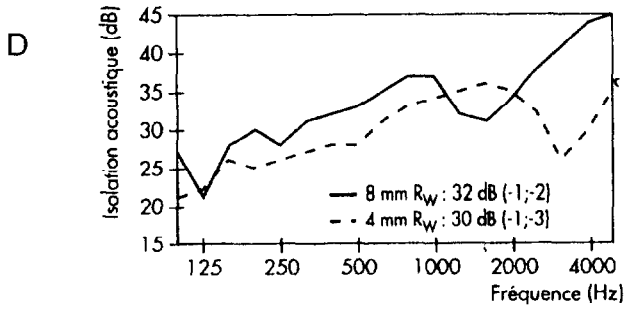
2.6 Calculer la variation de l'énergie cinétique ΔE_c du disque au cours de cette même phase.

2.7 En déduire le travail W_f du couple de frottement fluide.

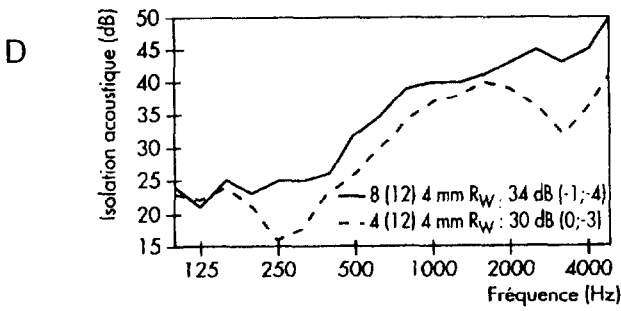
Annexe 1 DOCUMENTATION POUR LA PARTIE ACOUSTIQUE : PROBLEME 1

COMPARAISON DES PERFORMANCES ACOUSTIQUES

Simple vitrage

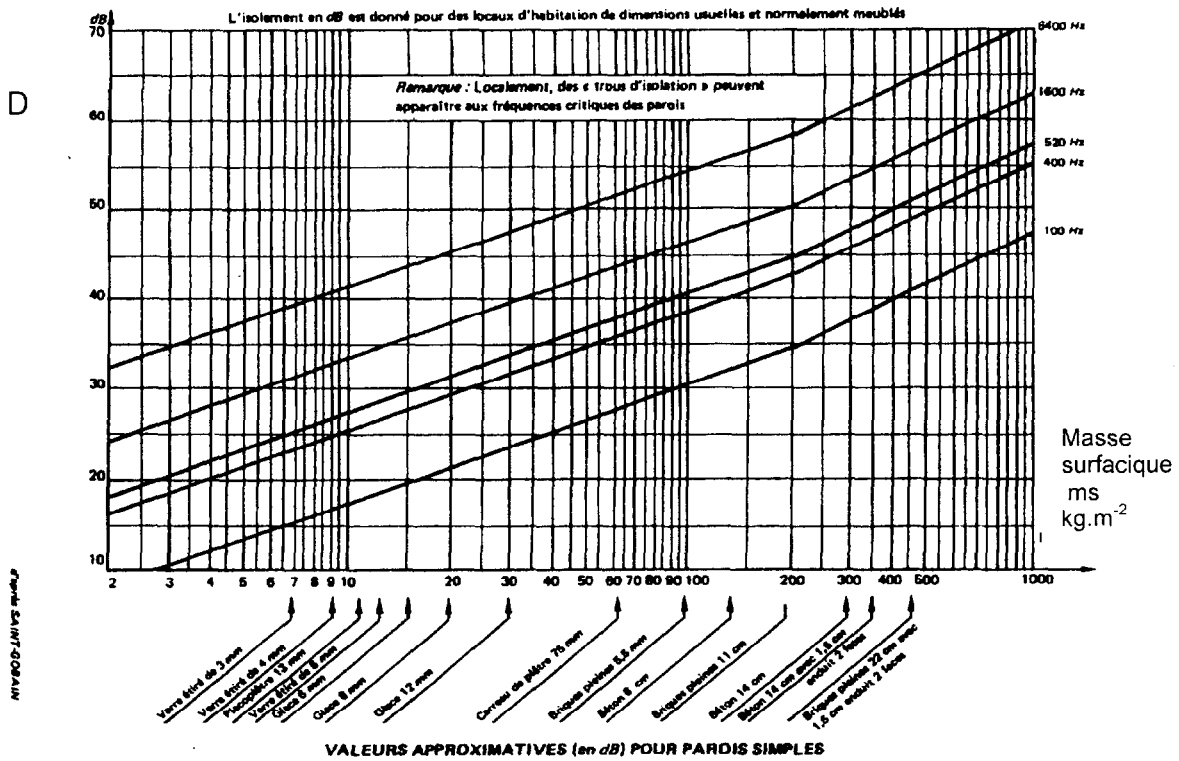


Double vitrage



LOI DE MASSE

Document 3



Annexe 2

EVOLUTION DE LA VITESSE ANGULAIRE ET DE LA POSITION ANGULAIRE DE LA LAME LORS DE L'ARRET DU MOTEUR.

