

Test d'Acoustique
20 Avril 2006
Assistant: Franck Sgard (LASH)
Durée : 2h

Il sera accordé une grande importance à la qualité et à la clarté de la présentation et au raisonnement. Tous les calculs intermédiaire ou la démarche (si vous n'avez pas le temps de mener les calculs) doivent être spécifiés. Le choix des formules utilisées pour le calcul devra être clairement justifié. Les problèmes 1 et 2 sont indépendants.

Problème 1 : Une discothèque jugée trop bruyante

L'implantation d'une discothèque dans une petite ville de province a créé un litige entre les jeunes et les riverains. Ces derniers veulent être protégés plus efficacement des agressions sonores.

Partie 1 : Les droits du riverain

Les établissements tels que les discothèques sont soumis aux dispositions du décret du 18 avril 1995 inclus dans le code de la santé publique, relatif à la lutte contre les bruits de voisinage.

Selon ce décret, l'émergence du bruit engendré par le fonctionnement d'un établissement ne doit pas excéder 3dB(A) pendant la période de nuit (22h à 6h), 5dB(A) pendant la période de jour (6h à 22h), augmentée d'un terme correctif dépendant de la durée pendant laquelle s'exerce le bruit.

Compte tenu des horaires de fonctionnement de la discothèque (19h à 4h du matin), les émergences admissibles sont de

$5+2=7$ dB(A) en période de jour

$3+1=4$ dB(A) en période de nuit

Le décret précise également l'endroit où doivent se faire les mesures de bruit : le point de référence O est situé à 2m en avant de la façade du plaignant et à 1.5m du sol.

Le brui ambiant résiduel lorsque la discothèque ne fonctionne pas est de 39dB(A) le jour et de 32dB(A) la nuit. Le niveau de pression acoustique par octave en champ diffus à l'intérieur de cette discothèque pendant les heures de fonctionnement est donné dans le tableau 1.

1. Quel est, au point de référence O, le niveau de pression acoustique dû à la discothèque à ne pas dépasser ?

Partie 2 : Evaluation du bruit au niveau de l'habitation la plus proche

On peut assimiler la discothèque à un parallélépipède rectangle. Les dimensions de la face sud sont de 18m de long et 4m de haut. Les murs de façade sont constitués de parpaings de 30cm d'épaisseur recouverts d'un enduit sur les deux faces ($\rho=2000\text{kgm}^{-3}$, $E=2\times 10^{10}\text{Pa}$, $\nu=0.1$, $\eta=0.025$).

La façade sud ne comporte qu'une seule ouverture en son centre, la porte d'entrée de 2m×2m. Cette porte comporte deux battants vitrés, l'huissierie métallique lui assurant une bonne étanchéité.

L'habitation la plus proche est située à 12m de la façade sud, juste en face de la porte d'entrée. Le terrain la séparant de la discothèque est une aire de jeux macadamisée.

Les façades est et ouest n'ont aucune ouverture, la façade nord et la toiture ne contribuent que de façon négligeable au bruit perçu au niveau de cette habitation et venant de la discothèque.

1. Donnez la définition de l'indice d'affaiblissement acoustique et décrivez sa procédure de mesure.
2. Quel est le niveau de pression acoustique pondéré (A) en champ diffus dans la discothèque pendant les heures de fonctionnement.
3. Calculez la fréquence critique du mur de parpaings. En déduire l'indice d'affaiblissement acoustique par octaves du mur de parpaings.
4. Justifiez que la puissance acoustique est essentiellement transmise par la porte de la discothèque. Quelle est la puissance acoustique transmise dans l'octave 1000Hz par la porte de la discothèque ? Les valeurs dans les autres octaves sont fournies dans le tableau 4.
5. On supposera que la porte est assimilable à une source ponctuelle localisée sur la façade et subissant l'influence de cette dernière et du sol. Précisez le facteur de directivité de cette source¹. En déduire le niveau de pression acoustique en O dans chaque octave dû à la discothèque. Pour simplifier, on supposera que la source équivalente est à la même hauteur que le récepteur.
6. Quel est le niveau de pression acoustique en O pondéré A dû à la discothèque. Qu'en pensez-vous ?

Partie 3 : Mise en place d'un dispositif permettant de minimiser le bruit transmis.

On construit un sas situé à l'intérieur de la discothèque et en prolongation de la porte d'entrée. Ses dimensions sont 2.5m de haut, 4m de profondeur et 3m de large. Ses parois et sa porte sont en verre de 5.5mm d'épaisseur et son sol est recouvert d'un tapis brosse. Les caractéristiques acoustiques de ces matériaux sont donnés dans les tableaux 2 et 3. Etant donné que la dalle sur laquelle repose le sas est filante, on ajoutera 5dB au niveau de pression acoustique dans le sas dans chaque octave pour tenir compte des transmissions latérales par la dalle.

1. Calculez dans l'octave 1000Hz, le niveau de pression acoustique en champ diffus dans le sas. Les valeurs dans les autres octaves sont fournies dans le tableau 4.
2. En suivant la procédure décrite dans la partie 2, quel est le niveau de pression acoustique en O par octave dû à la discothèque, lorsque la discothèque est en fonctionnement ?
3. En déduire le niveau de pression acoustique en O pondéré A dû à la discothèque. Conclusion.
4. Que proposez vous comme améliorations ?

	125	250	500	1000	2000	4000
Lp (dB)	105	105	103	100	96.5	94

Tableau 1: Niveau de pression par octave en dB dans la discothèque

	125	250	500	1000	2000	4000
Surface vitrée	0.08	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02
Tapis	0.17	0.24	0.35	0.50	0.65	0.65
Parpaings enduits	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03

Tableau 2 : Coefficients d'absorption Sabine par octaves des matériaux

¹ La présence du sol réfléchissant induit une réflexion qui va modifier le niveau sonore en O. Une façon de tenir compte de cette réflexion est d'intégrer cette contribution dans le facteur de directivité de la source comme il l'est proposé dans le texte.

	125	250	500	1000	2000	4000
Porte d'entrée	18	26	33.5	39	35	48
Verre 5.5mm	23	27	22	35	39	43

Tableau 3 : Indices d'affaiblissement acoustiques par octaves des matériaux

	125	250	500	1000	2000	4000
Puissance transmise par la porte [W] (question 2.3)	5.01×10^{-4}	7.94×10^{-5}	8.91×10^{-6}	?	1.41×10^{-6}	3.98×10^{-8}
Niveau de pression acoustique dans le sas [dB] (question 3.1)	95.5	92.3	94.5	?	69.1	62.5
Puissance transmise par la porte avec sas [W] (question 3.2)	5.65×10^{-5}	4.25×10^{-6}	1.26×10^{-6}	?	2.54×10^{-9}	2.84×10^{-11}

Tableau 4 : Informations utiles pour les questions 2.3, 3.1 et 3.2

Note 1 :

On rappelle que pour une paroi simple, l'indice d'affaiblissement acoustique en champ diffus d'une est donné par :

$$R = 20 \log(Mf) - 48 \text{ pour } f < f_c$$

$$R = 20 \log(Mf) + 10 \log\left(\frac{f}{f_c}\right) + 10 \log(\eta) - 45 \text{ pour } f \geq f_c$$

où M dénote la masse surfacique de la paroi, f la fréquence, f_c la fréquence critique, et η le facteur de perte.

Note 2 :

On rappelle que dans des conditions de champ diffus l'intensité acoustique réverbérée est reliée à la pression réverbérée par la formule :

$$\overline{I}_R = \frac{\overline{P}_R^2}{4\rho_0 c} \text{ [W/m}^2\text{]}$$

Note 3 :

On prendra $\rho_0 c = 400 \text{ m/s}$ où ρ_0 est la masse volumique de l'air et $c = 330 \text{ m/s}$ la célérité du son dans l'air.

Problème 2 : Cabine téléphonique dans un hall

Une cabine téléphonique de dimensions $1\text{m} \times 1\text{m} \times 2\text{m}$ est placée dans un hall de dimensions $20\text{m} \times 10\text{m} \times 6\text{m}$. Les parois verticales de la cabine sont en verre et le toit en plastique.

Sachant qu'une personne parlant normalement a un niveau de puissance acoustique moyenne de 80dB, calculez :

- 2.1 Le niveau de bruit transmis dans la cabine téléphonique occupée par une personne lorsqu'une personne parle dans le hall assez loin de la cabine.
- 2.2 Le niveau de bruit transmis dans le hall (occupé par 1 personne), loin de la cabine, lorsqu'une personne téléphone à l'intérieur de la cabine.

On donne les indications suivantes :

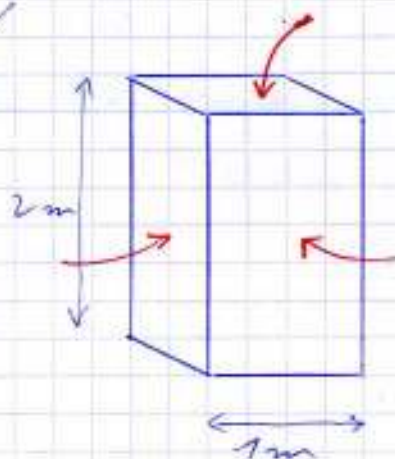
- Indice d'affaiblissement acoustique des parois vitrées de la cabine : 30dB
- Coefficient d'absorption des parois vitrées de la cabine : 0.2
- Indice d'affaiblissement acoustique du plafond de la cabine : 35dB
- Coefficient d'absorption du plafond de la cabine : 0.05
- Coefficient d'absorption du sol de la cabine : 0.25
- Durée de réverbération du hall (avec la cabine): 1s
- Aire d'absorption équivalente d'une personne : 0.5m^2

A COUSTIQUE

TEST N° 2

Problème 2 :

2.1/



Le bruit entre dans la cabine par les parois latérales et le plafond, puisqu'elle est posée sur le sol.

On nous donne $L_w = 80$ dB pour une personne. La personne qui parle dans le hall étant loin de la cabine, le niveau de pression acoustique émis est :

$$L_p^{(E)} = L_w + 10 \log\left(\frac{4}{A_h}\right)$$

puisque le hall est supposé fermé et le champ sonore diffus.

A_h est l'aire équivalente du hall

$$A_h = \frac{0,16 V_h}{T_{nh}}$$

$$\text{avec } T_{nh} = 1,0$$

$$\text{et } V_h = 20 \times 10 \times 6 = 1200 \text{ m}^3$$

$$\rightarrow A_h = 192 \text{ m}^2$$

$$\rightarrow L_p^{(E)} = L_w + 10 \log\left(\frac{4}{192}\right) = L_w - 10 \log(48)$$

$$L_p^{(E)} = 63,2 \text{ dB}$$

On sait que l'isolation acoustique de la cabine est

$$D_f = L_p^{(E)} - L_p^{(R)}$$

et que l'indexement entre la cabine et le hall s'écrit:

$$D_f = R' + 10 \log\left(\frac{A^{(R)}}{S}\right)$$

où R' est l'indice acoustique apparent de la cabine
d'affaiblissement

des parois de la cabine traversées par le bruit,

S la surface des parois traversées

$A^{(R)}$ l'aire équivalente de la cabine + la personne

$$R' = -10 \log(\tau') \quad \text{avec } \tau' = \frac{4 \times 2 \times 10^{-\frac{30}{10}} + 1 \times 10^{-\frac{35}{10}}}{4 \times 2 + 1}$$

$$\tau' = 9,24 \cdot 10^{-4}$$

$$R' = 30,3 \text{ dB}$$

$$S = 9 \text{ m}^2$$

$$A^{(R)} = 4 \times 2 \times 0,2 + 1 \times 0,05 + 1 \times 0,25 + 0,5$$

$$A^{(R)} = 2,4 \text{ m}^2$$

$$\rightarrow D_f = 30,3 + 10 \log\left(\frac{2,4}{9}\right) = 24,6 \text{ dB}$$

$$\rightarrow L_p^{(R)} = L_p^{(E)} - D_f = 63,2 - 24,6$$

D'où le niveau de bruit transmis dans la cabine téléphonique occupée par une personne:

$$\boxed{L_p^{(R)} = 38,6 \text{ dB}}$$

Resultat: 2,5

2.2/ la personne qui parle vers la cabine est proche des parois.

Pourtant, le calcul du rayon acoustique, pour un $Q = 1$ nous donne :

$$r_a = \sqrt{\frac{Q A^{\text{E}}}{16\pi}} \quad \text{avec } A^{\text{E}} \text{ aire équivalente de la cabine avec personne}$$

$$A^{\text{E}} = 2,4 \text{ m}^2$$

$$\rightarrow r_a = \sqrt{\frac{2,4}{16\pi}} = 22 \text{ cm}$$

On peut supposer, en moyenne, que la personne est nettement plus loin que 22 cm des parois.

$$\text{Du coup } L_p^{\text{E}} = L_w + 10 \log\left(\frac{4}{A^{\text{E}}}\right) = 80 + 10 \log\left(\frac{4}{2,4}\right)$$

$$L_p^{\text{E}} = 82,2 \text{ dB} > L_w \text{ (réflexion importante de la cabine)}$$

$$D_f = L_p^{\text{E}} - L_p^{\text{R}} = R' + 10 \log\left(\frac{A^{\text{R}}}{S}\right)$$

R' et S sont inchangés

mais A^{R} est maintenant l'aire équivalente du hall (où l'on peut négliger une éventuelle présence humaine)

$$A^{\text{R}} = A_h = 192 \text{ m}^2$$

$$\rightarrow D_f = 30,3 + 10 \log\left(\frac{192}{9}\right) = 43,6 \text{ dB}$$

$$\rightarrow L_p^{\text{R}} = L_p^{\text{E}} - D_f = 82,2 - 43,6$$

Niveau de bruit transmis dans le hall par la personne à l'intérieur de la cabine :

$$L_p^{\text{R}} = 38,6 \text{ dB} \quad / \quad 2,5$$

Problème 1

Partie 1 :

- 1) Le bruit émergent de la discothèque est simplement la différence entre le niveau de ~~pression acoustique~~ global du bruit émis par la discothèque et le niveau global du bruit ambiant.

Donc le niveau global du bruit admissible de jour est :

$$L_p = 39 + 7$$

$$\underline{L_p = 46 \text{ dB(A) de jour}}$$

et de nuit :

$$L_p = 32 + 4$$

$$\underline{L_p = 36 \text{ dB(A) de nuit}}$$

Partie 2 :

- 1) L'indice d'affaiblissement acoustique d'un matériau est sa capacité à réduire le niveau de bruit transmis.

Pour l'évaluer, on mesure le niveau de bruit incident sur une paroi (en fait en son absence) et le niveau de bruit de l'autre côté de la paroi par rapport à la source.

Et on applique la formule : $R = 10 \log \left(\frac{W_i}{W_t} \right)$

0,5

$$\begin{aligned}
 2/ \quad L_{p, \text{global}} &= 10 \log \left(\sum_{i=1}^6 10^{\frac{L_{p_i} + c_i}{10}} \right) \\
 &= 10 \log \left(10^{\frac{105-16}{10}} + 10^{\frac{105-8,5}{10}} + 10^{\frac{103-3}{10}} + 10^{\frac{100+0}{10}} \right. \\
 &\quad \left. + 10^{\frac{96,5+1}{10}} + 10^{\frac{94+1}{10}} \right) \\
 &= 10 \log \left(10^{8,9} + 10^{9,65} + 10^{10} + 10^{10} + 10^{9,75} + 10^{9,5} \right)
 \end{aligned}$$

$$\underline{L_{p, \text{global}} = 105,3 \text{ dB(A)}} \quad \checkmark \text{ OK}$$

$$3/ \quad f_c = \frac{c^2}{2\pi} \sqrt{\frac{M}{D}} \quad \checkmark \quad D = ?$$

$$\text{où } c = 330 \text{ m/s}$$

$$M = \rho \cdot h \quad \text{avec } h = 0,3 \text{ m}$$

$$\text{et } \rho = 2000 \text{ kg/m}^3$$

$$M = 600 \text{ kg/m}^2$$

AN :

4) L'indice d'affaiblissement acoustique du mur en béton d'épaisseur 30 cm est très supérieur à celui de la porte vitrée.

Finalement, malgré la surface du mur, l'indice d'affaiblissement apparent ~~de~~ de la façade est proche de l'indice de la porte en verre.

La puissance acoustique est essentiellement transmise par la porte de la directrice.

0,25