

TEST ACOUSTIQUE

Durée: 2 h

Il sera accordé une grande importance à la qualité et à la clarté de la présentation et au raisonnement. Tous les calculs intermédiaires 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.

Le test comporte des questions préliminaires suivies de quatre exercices indépendants.

Aucun document n'est autorisé. Tout smartphone est interdit pendant la durée de l'épreuve. Seule une calculatrice est autorisée.

Dans tous les exercices on considérera $\rho_0 c_0 = 400$ Rayls et $c_0 = 340 \text{ m.s}^{-1}$.

Dans la relation pression-puissance, on approchera le terme du champ réverbéré par $4/A$.

Pour l'ensemble du test, on considérera pour simplifier que l'intensité acoustique I est égale :

-dans le cas d'ondes planes : à la pression efficace au carré divisée par $\rho_0 c_0$;

-dans le cas d'un champ diffus : à la pression efficace au carré divisée par $4\rho_0 c_0$.

I-Questions préliminaires : (5 points)

Q1- Quel est l'intérêt d'une pondération A quand on exprime un niveau de pression en dB(A) ?

Q2- Proposer deux solutions différentes pour diminuer le temps de réverbération d'une salle de cours.

Q3- Que peut-on faire pour améliorer l'intelligibilité d'une salle de cours ?

Q4- Pour quelles raisons faut-il éviter d'avoir la même épaisseur pour chaque vitre dans un double vitrage ?

Q5- Que représentent les harmoniques d'un son ?

II-Exercices

Exercice 1: (4 points)

Une municipalité décide de s'équiper d'une salle polyvalente de dimensions $80 \times 30 \times 12$ m (hauteur de 12 m). On mesure le Temps de Réverbération (TR) de cette salle sur l'octave centrée à 1000 Hz et l'on trouve 3 secondes.

Q6- Quel est la surface équivalente A de cette salle sur l'octave centrée sur 1000 Hz ? (On se placera sous les hypothèses de la théorie Sabine).

Q7- Quels sont les coefficients d'absorption de Sabine du plafond α_{SP} et des murs α_{SM} sur l'octave centrée sur 1000 Hz si celui du plafond est le double de celui des murs, le sol étant parfaitement réfléchissant?

Pour "améliorer l'acoustique", on suspend 36 panneaux rectangulaires de 4×3 m de coefficients d'absorption de Sabine à 1000 Hz $\alpha_{SMP} = 0.5$ à l'intérieur de la salle polyvalente.

Q8- Quel est le nouveau TR ?

Q9- A votre avis, à quels usages cette salle sera-t-elle adaptée ?

Exercice 2: (2 points)

Deux locaux sont séparés par une paroi qui comprend une cloison de 18 m^2 avec un indice d'affaiblissement acoustique R_c sur l'octave centré à 1000 Hz de 40dB et une porte de 2 m^2 avec un indice d'affaiblissement acoustique R_p sur l'octave centré à 1000 Hz de 20 dB.

Q10- Quel est l'indice d'affaiblissement acoustique composite R de la paroi sur l'octave centré à 1000 Hz ?

La porte est mal posée, il y a un joint de 8mm dessous.

Q11- Sachant que cette porte mesure 1m de large, calculez le nouvel indice d'affaiblissement acoustique de la paroi sur l'octave centré à 1000 Hz avec la porte mal posée et commentez votre résultat.

Exercice 3: (3 points)

On rappelle la pondération A :

Octaves (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Pondération dB(A)	-15.4	-8.5	-3	0	+1	+1

On a mesuré par octave le niveau de pression d'un moteur d'engin de chantier à une distance de 4 m de celui-ci (l'engin étant placé en extérieur sur un sol très fortement absorbant). Les résultats sont donnés ci-dessous :

Octaves (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Niveau (dB)	96	95	85	86	83	80

Q12- Quel est le niveau sonore global pondéré A de cet engin à 4 m ?

Par capotage (entourant l'engin) on a gagné :

Octaves (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Niveau (dB)	12	12	12	12	16	17

Q13- Quelle est l'amélioration globale obtenue en dB(A) ?

Q14- Quelle distance de sécurité doit-on imposer autour de l'engin (avec le capotage) pour être sûr de respecter le code du travail (85 dB(A) à l'octave centrée sur 250Hz) ? (hypothèses et estimations à justifier)

Exercice 4: (6 points)

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

$$R_d(f) = 20 \log(Mf) - 48 \text{ pour } f < f_c \quad \text{et} \quad R_d(f) = 20 \log(Mf) + 10 \log(f/f_c) + 10 \log(\eta) - 45 \text{ pour } f \geq f_c$$

où M désigne la masse surfacique de la paroi, f la fréquence, f_c la fréquence critique, et η le facteur de perte avec :

$$f_c = \frac{c}{2h} \quad \text{avec } h \text{ l'épaisseur de la paroi et } k \text{ un coefficient dépendant de la nature du matériau.}$$

On désire construire à l'intérieur d'un atelier bruyant sans fenêtre donnant sur l'extérieur (deux sources de bruit S_1 et S_2 sont présentes dans cet atelier), un local destiné à l'aménagement d'une salle de commande (dans un coin de l'atelier). La construction de la salle de commande en parois vitrées sur deux cotés (vitrage simple composé d'une faible épaisseur de verre) doit permettre la surveillance de l'atelier et apporter un indice d'affaiblissement acoustique suffisant pour que la conversation normale entre deux personnes soit possible à l'intérieur de la salle de commande. On considère que cette conversation n'est possible que si le niveau sonore de fond du local n'excède pas 40 dB sur l'octave centrée à 1000 Hz.

Dimensions des locaux :

- atelier 25 m × 10 m avec une hauteur de 4m.
- salle de commande 5 m × 3 m avec une hauteur de 4m.

Coefficients d'absorption de Sabine des surfaces (sur l'octave centrée à 1000 Hz) :

- atelier, toutes parois (murs, sol, plafond), $\alpha_s = 0,02$.
- toutes parois (sauf cloison vitrée) salle de commande (traitée acoustiquement), $\alpha_s = 0,5$.
- cloison vitrée, $\alpha_s = 0,10$.

Niveaux de puissance des deux sources de bruit S_1 et S_2 : $L_{w1} = 90$ dB et $L_{w2} = 88$ dB.

Présence de deux personnes dans la salle de commande : aire d'absorption équivalente par personne : 0.5 m².

De part et d'autre de la cloison on fait l'hypothèse que règne uniquement un champ réverbéré (les sources de bruit étant assez éloignées de l'emplacement réservé à la salle de commande).

Q15- Calculez le niveau sonore émis par chaque machine en champ réverbéré, puis le niveau sonore total régnant dans l'atelier sur l'octave centrée à 1000 Hz.

Q16- Calculez l'intensité incidente I_i sur la cloison séparative vitrée sur l'octave centrée à 1000 Hz.

Q17- Calculez l'intensité maximale $I_{r, \max}$ dans la salle de commande sur l'octave centrée à 1000 Hz pour que le niveau sonore de fond de la salle de commande n'excède pas 40 dB.

En supposant l'absence de transmissions latérales et parasites, on suppose dans la suite que cette intensité maximale est obtenue uniquement par transmission par la paroi séparative vitrée qui se comporte comme une source acoustique d'une certaine puissance W_v .

Q18- Si on suppose qu'il y a une intensité réverbérée $I_{r, \max}$ dans la salle de commande, quelle est la puissance de la paroi séparative vitrée donnant cette intensité? En déduire l'intensité transmise $I_{t, \max}$ par cette paroi dans ce cas sur l'octave centrée à 1000 Hz.

Q19- A partir de l'intensité transmise $I_{t, \max}$ et de l'intensité incidente I_i , en déduire l'indice d'affaiblissement de la paroi séparative vitrée sur l'octave centrée à 1000 Hz (qui sera alors l'indice d'affaiblissement minimal pour que le niveau sonore de fond de la salle de commande n'excède pas 40 dB).

Q20- Calculez l'épaisseur de verre à utiliser pour remplir cette condition (à 1000Hz) sachant que $\rho_{\text{verre}} = 2500$ kg.m⁻³, $\eta = 0,025$, et $k = 5,28 \times 10^9$ S.I.