Spécialité : Acoustique d'une salle de répétition de l'opéra de Lyon

Bac S 2015 Nouvelle-Calédonie (ancien programme) · Exercice 4 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

P Le sol du studio de répétition du chœur est en parquet lamé. Quel(s) matériau(x) choisir pour habiller les murs et le plafond (un seul matériau pour l'ensemble) afin d'obtenir un temps de réverbération le plus proche possible de celui de la grande salle ?

Données utiles $H = 5{,}30$ m ; $L = 10{,}60$ m ; $P = 12{,}40$ m ; $TR = \dfrac{kV}{A}$ avec $k = 0{,}16$ s · m^{-1} ; $A = \sum S_i\,\alpha_i$; tableau des TR de la grande salle ; tableau des coefficients α_i ; schéma des tessitures

1. Démarche. Pour chaque fréquence, on cherche le coefficient d'absorption α que devrait avoir le revêtement des murs et du plafond pour que le studio ait le même TR que la grande salle, puis on le compare à ceux des matériaux proposés.

2. Géométrie du studio (pavé droit).

$$V = H \times L \times P = 5{,}30 \times 10{,}60 \times 12{,}40 = 697 \text{ m}^3$$

Sol : $S_{\text{sol}} = L \times P = 10{,}60 \times 12{,}40 = 131 \text{ m}^2$.

Quatre murs et plafond :

$$S_{\text{mp}} = 2\,H\,L + 2\,H\,P + L\,P = 112{,}4 + 131{,}4 + 131{,}4 = 375 \text{ m}^2$$

3. Coefficient d'absorption idéal. L'aire d'absorption équivalente du studio est $A = S_{\text{mp}}\,\alpha + S_{\text{sol}}\,\alpha_{\text{sol}}$. La formule de Sabine donne $A = \dfrac{kV}{TR}$, d'où :

$$\alpha = \frac{kV}{TR \times S_{\text{mp}}} - \frac{S_{\text{sol}}}{S_{\text{mp}}}\,\alpha_{\text{sol}} = \frac{0{,}297}{TR} - 0{,}350\,\alpha_{\text{sol}}$$

TR (grande salle) et α_{sol} (parquet lamé) dépendent de la fréquence :

f (Hz)	125	250	500	1000	2000
TR (s)	1,07	1,02	0,91	0,84	0,72
α_{sol}	0,02	0,03	0,08	0,12	0,11
α idéal	0,27	0,28	0,30	0,31	0,37

D'après le schéma des tessitures, la voix humaine s'étend d'environ 70 Hz à 1500 Hz : la colonne 2000 Hz ne concerne pas le chœur, on compare sur les quatre premières.

4. Comparaison avec les matériaux.

- Plâtre, verre ($\alpha \leqslant 0{,}08$) et contreplaqué ($\alpha \leqslant 0{,}12$ sauf à 500 Hz) absorbent beaucoup trop peu : le studio serait bien plus réverbérant que la grande salle.
- Tissu tendu sur molleton : $0{,}85$ à 1000 Hz, presque le triple de la valeur idéale ; les aigus seraient étouffés.
- Fibres de bois : $0{,}44$ de 250 à 1000 Hz, nettement au-dessus de $0{,}3$.
- Aggloméré de liège : $0{,}26$ à 250 Hz, puis $0{,}22$, valeurs les plus proches de l'idéal.

Aucun matériau ne convient à 125 Hz (au mieux $0{,}15$ pour $0{,}27$ souhaité).

5. Vérification par le temps de réverbération du studio, $TR = \dfrac{kV}{S_{\text{mp}}\,\alpha + S_{\text{sol}}\,\alpha_{\text{sol}}}$, pour les deux meilleurs candidats :

PIÈGE
Oublier le sol dans l'aire d'absorption, ou le compter dans la surface à habiller. Le parquet garde son propre coefficient, qui change avec la fréquence comme TR : il faut une valeur de α par colonne.

COMPRENDRE
$k = 0{,}16$ n'a que deux chiffres significatifs : α et TR s'écrivent avec deux chiffres. L'acoustique des salles, comme les notions de timbre et d'harmoniques, relevait de l'ancien enseignement de spécialité ; les formules utiles sont toutes fournies.

MÉTHODE
Résolution de problème : traduire l'objectif en une grandeur calculable (ici α idéal), isoler cette grandeur littéralement, puis répéter le calcul pour chaque fréquence avec le mode tableur de la calculatrice. Terminer par une comparaison et une réponse argumentée.

f (Hz)	125	250	500	1000
Grande salle	1,07	1,02	0,91	0,84
Aggloméré de liège	1,9	1,1	1,2	1,1
Fibres de bois	1,9	0,66	0,64	0,62

Aucun matériau ne reproduit exactement l'acoustique de la grande salle à toutes les fréquences : le choix est un compromis.

L'aggloméré de liège est le matériau le mieux adapté : $TR \approx 1{,}1$ à $1{,}2$ s de 250 à 1000 Hz, contre $0{,}84$ à $1{,}02$ s dans la grande salle. Les graves (125 Hz) restent trop réverbérés.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$5.30 \times 10.60 \times 12.40 \approx 696.632$

$2 \times 5.30 \times 10.60 + 2 \times 5.30 \times 12.40 + 10.60 \times 12.40 \approx 375.24$

$\dfrac{0.16 \times 696.632}{375.24} \approx 0.2970395$

$\dfrac{131.44}{375.24} \approx 0.3502825$

$\dfrac{0.297}{1.07} - 0.350 \times 0.02 \approx 0.2705701$

$\dfrac{0.297}{1.02} - 0.350 \times 0.03 \approx 0.2806765$

$\dfrac{0.297}{0.91} - 0.350 \times 0.08 \approx 0.2983736$

$\dfrac{0.297}{0.84} - 0.350 \times 0.12 \approx 0.3115714$

$\dfrac{0.297}{0.72} - 0.350 \times 0.11 \approx 0.374$

$\dfrac{0.16 \times 696.632}{375.24 \times 0.26 + 131.44 \times 0.03} \approx 1.098079$

$\dfrac{0.16 \times 696.632}{375.24 \times 0.22 + 131.44 \times 0.08} \approx 1.197631$