Spécialité : Rénovation d'une salle de classe

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

Q Question préliminaire. Quels paramètres permettent de réduire le temps de réverbération ? Préciser dans quel sens ils doivent varier.

Données utiles formule de Sabine : $T_R = 0{,}16 \times \dfrac{V}{A}$; $A = \sum A_i$ avec $A_i = \alpha_i \times S_i$

D'après la formule de Sabine, T_R est proportionnel au volume V de la salle et inversement proportionnel à sa surface d'absorption équivalente A.

Pour réduire T_R, on peut donc :

- **diminuer le volume** V de la salle (abaisser le plafond, par exemple) ;
- **augmenter la surface d'absorption équivalente** A. Comme $A = \sum \alpha_i \times S_i$, il faut augmenter les coefficients d'absorption α_i (remplacer ou recouvrir une paroi par un matériau plus absorbant) ou agrandir la surface S_i occupée par les matériaux les plus absorbants.

T_R diminue si V diminue ou si A augmente (coefficients α_i plus grands, ou surfaces S_i plus grandes pour les matériaux absorbants).

PIÈGE
Citer seulement V et A. La question porte sur les paramètres : A dépend elle-même des coefficients α_i et des surfaces S_i, qu'il faut nommer avec leur sens de variation.

P Problème. À quels travaux faut-il procéder dans la salle de classe, sans occulter les fenêtres, pour ramener ses caractéristiques acoustiques aux normes en vigueur ?

Données utiles salle : $L = 7{,}50$ m, $\ell = 7{,}30$ m, $H = 4{,}10$ m ; haut des fenêtres à $2{,}80$ m ; $T_R = 1{,}1$ s avant travaux ; surfaces d'absorption équivalentes du document 3 ; arrêté : $0{,}4\text{ s} \leqslant T_R \leqslant 0{,}8\text{ s}$ si $V < 250\text{ m}^3$

1. Objectif. Volume avant travaux : $V = L \times \ell \times H = 7{,}50 \times 7{,}30 \times 4{,}10 = 224\text{ m}^3$.

Ce volume est inférieur à 250 m^3 : T_R doit être compris entre $0{,}4$ s et $0{,}8$ s. Or $T_R = 1{,}1$ s : la salle n'est pas aux normes. Le technicien veut atteindre la limite inférieure, $T'_R = 0{,}4$ s, avec un faux plafond isolant placé à une hauteur h à déterminer.

2. Absorption des murs avant travaux. Elle n'est pas donnée ; on la déduit du temps de réverbération initial :

$$A_{\text{init}} = 0{,}16 \times \frac{V}{T_R} = 0{,}16 \times \frac{224{,}475}{1{,}1} = 32{,}65\text{ m}^2$$

$$A_{\text{murs}} = A_{\text{init}} - (A_{\text{sol}} + A_{\text{plafond}} + A_{\text{fenêtres}} + A_{\text{porte}} + A_{\text{mobilier}}) = 32{,}65 - 28{,}72 = 3{,}93\text{ m}^2$$

3. Coefficient d'absorption des murs. Surface de plâtre des quatre murs, porte et fenêtres déduites :

$$S_{\text{murs}} = 2\,(L + \ell) \times H - 6{,}0 - 1{,}93 = 113{,}4\text{ m}^2$$

$$\alpha_{\text{murs}} = \frac{A_{\text{murs}}}{S_{\text{murs}}} = \frac{3{,}93}{113{,}4} = 3{,}47 \times 10^{-2}$$

4. Salle après travaux, faux plafond à la hauteur h. Le faux plafond ($35{,}6\text{ m}^2$) remplace le plafond de plâtre. Sol, fenêtres, porte et mobilier sont inchangés : $1{,}09 + 0{,}60 + 0{,}39 + 25 = 27{,}08\text{ m}^2$. Les murs sont moins hauts, donc moins étendus :

PIÈGE
Garder après travaux la surface de murs calculée pour $4{,}10$ m. Abaisser le plafond réduit aussi la surface de plâtre apparente : S'_{murs} dépend de h, comme le volume.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme $T_R = 1{,}1$ s. Murs et plafond sont en plâtre : $\alpha = 1{,}64 \div 54{,}8 = 2{,}99 \times 10^{-2}$ convient aussi et donne $h = 2{,}97$ m, même conclusion.

COMPRENDRE
Sans changer le volume, recouvrir le plafond d'isolant donnerait $A = 32{,}65 - 1{,}64 + 35{,}6 = 66{,}6\text{ m}^2$ et $T_R = 0{,}54$ s : la norme serait respectée, mais pas la limite inférieure visée.

$S'_{\text{murs}} = 2\,(L+\ell)\times h - 7{,}93 = 29{,}6\,h - 7{,}93$

$A' = 27{,}08 + 35{,}6 + 3{,}47\times 10^{-2}\times(29{,}6\,h - 7{,}93) = 62{,}41 + 1{,}03\,h$

Nouveau volume : $V' = L\times\ell\times h = 54{,}75\,h$.

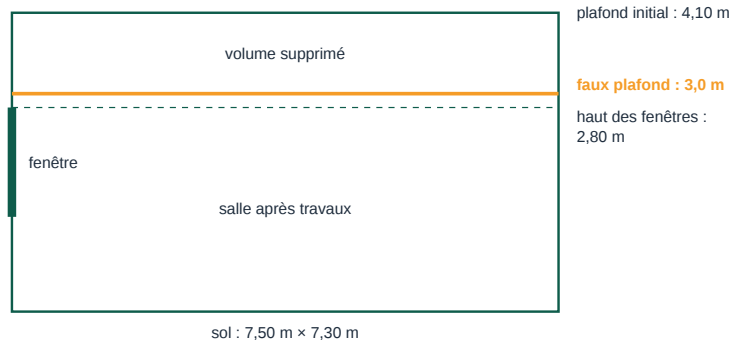
5. Hauteur du faux plafond. La formule de Sabine s'écrit $T'_R \times A' = 0{,}16\times V'$:

$0{,}4\times(62{,}41 + 1{,}03\,h) = 0{,}16\times 54{,}75\,h$ soit $24{,}96 + 0{,}41\,h = 8{,}76\,h$

$$h = \frac{24{,}96}{8{,}76 - 0{,}41} = 2{,}99\ \text{m} \approx 3{,}0\ \text{m}$$

6. Conclusion. Cette hauteur est supérieure à $2{,}80$ m : le faux plafond passe 20 cm au-dessus du haut des fenêtres, qui ne sont pas occultées.

Il faut poser un faux plafond en isolant acoustique à $h \approx 3{,}0$ m du sol, soit $1{,}1$ m sous le plafond actuel : T_R passe de $1{,}1$ s à $0{,}4$ s, fenêtres dégagées.



P · Coupe de la salle : position du faux plafond

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$7.50 \times 7.30 \times 4.10$
≈ 224.475

$\dfrac{0.16 \times 224.475}{1.1}$
≈ 32.65091

$32.65 - (1.09 + 1.64 + 0.60 + 0.39 + 25)$
≈ 3.93

$2 \times (7.50 + 7.30) \times 4.10 - 6.0 - 1.93$
≈ 113.43

$\dfrac{3.93}{113.4}$
≈ 0.03465608

$0.4 \times (27.08 + 35.6 - 0.0347 \times 7.93)$
≈ 24.96193

$0.16 \times 54.75 - 0.4 \times 0.0347 \times 29.6$
≈ 8.349152

$\dfrac{24.9619316}{8.349152}$
≈ 2.989757