

## EXERCICE III. RÉNOVATION D'UNE SALLE DE CLASSE (5 points)

## Question préliminaire

Quels sont les paramètres qui permettent de réduire le temps de réverbération ? Préciser dans quel sens ils doivent varier.

$$TR = 0,16 \times \frac{V}{A} \quad \text{avec} \quad A = \sum_1 A_i \times \alpha_i$$

La diminution du temps de réverbération passe par une diminution du volume (plafond surbaissé, par exemple) et surtout par une augmentation de la surface d'absorption équivalente. Pour augmenter cette dernière, une solution possible consiste à recouvrir certaines surfaces (parois, plafond) à l'aide d'un isolant acoustique dont le coefficient d'absorption acoustique est plus important que celui du matériau initial.

## Résolution du problème

À quels travaux est-il nécessaire de procéder, dans la salle de classe, sans pour autant occulter les fenêtres, afin de ramener ses caractéristiques acoustiques aux normes en vigueur ?

Le volume initial de la salle est  $V = L \cdot \ell \cdot h$

$$V = 7,5 \times 7,3 \times 4,1 = 224,475 \text{ m}^3 = 2,2 \times 10^2 \text{ m}^3$$

L'énoncé (présentation en début d'exercice) précise "Cette rénovation se fera ... en ramenant le temps de réverbération à sa limite inférieure préconisée par l'arrêté", soit  $TR = 0,4$  s pour une salle de volume inférieur à  $250 \text{ m}^3$ .

Nous allons déterminer les caractéristiques architecturales de la salle pour qu'elle possède le temps de réverbération ciblé après traitement.

- Certaines surfaces resteront inchangées : le sol, les fenêtres, la porte et le mobilier pour une surface d'absorption équivalente notée  $A'$ .

$$A' = A_{(\text{sol})} + A_{(\text{fenêtres})} + A_{(\text{porte})} + A_{(\text{mobilier})}$$

$$A' = 1,09 + 0,60 + 0,39 + 25 = \mathbf{27,08 \text{ m}^2}.$$

- Le plafond sera complètement traité : sa surface d'absorption équivalente est donnée dans le document n°3 :  $A_{(\text{plafond})} = 1,64 \text{ m}^2$ .
- Les informations de surface équivalente des murs ne sont pas connues. Elles seront déterminées à partir de la situation initiale de la salle :  
Le  $TR$  vaut initialement 1,1 s.

$$TR = 0,16 \times \frac{V}{A} \Rightarrow A_{\text{initial}} = 0,16 \times \frac{V}{TR}$$

$$A_{\text{initial}} = 0,16 \times \frac{224,475}{1,1} = 32,65 \text{ m}^2 = 33 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{initial}} = A_{(\text{murs})} + A_{(\text{sol})} + A_{(\text{fenêtres})} + A_{(\text{porte})} + A_{(\text{mobilier})} + A_{(\text{plafond})}$$

$$\Rightarrow A_{(\text{murs})} = A_{\text{initial}} - A_{(\text{sol})} - A_{(\text{fenêtres})} - A_{(\text{porte})} - A_{(\text{mobilier})} - A_{(\text{plafond})}$$

$$\Rightarrow A_{(\text{murs})} = A_{\text{initial}} - A' - A_{(\text{plafond})}$$

$$\Rightarrow A_{(\text{murs})} = 32,65 - 27,08 - 1,64 = 3,93 \text{ m}^2$$

On peut en déduire la surface des murs (penser à retirer porte et fenêtres)

$$S_{(\text{murs})} = (L \times h) \times 2 + (\ell \times h) \times 2 - S_{(\text{fenêtres})} - S_{(\text{porte})}$$

$$S_{(\text{murs})} = (7,5 \times 4,1) \times 2 + (7,3 \times 4,1) \times 2 - 6,0 - 1,93 = 113 \text{ m}^2$$

Le coefficient d'absorption acoustique du matériau qui constitue les murs est  $\alpha_{(\text{murs})} = \frac{A_{(\text{murs})}}{S_{(\text{murs})}}$ .

$$\alpha_{(\text{murs})} = \frac{3,93}{113} = 3,47 \times 10^{-2}$$

Remarque : On peut aussi remarquer que les murs sont en plâtre tout comme le plafond. Alors on peut utiliser les valeurs relatives au plafond pour trouver le coefficient d'absorption acoustique des murs.

$$\alpha_{(murs)} = \frac{A_{(murs)}}{S_{(murs)}}$$

$$\alpha_{(murs)} = \frac{1,64}{54,8} = 2,99 \times 10^{-2}$$

Le résultat final avec cette valeur est très proche de celui que nous obtenons avec le  $3,47 \times 10^{-2}$

On peut maintenant revenir au problème posé et évaluer la surface équivalente des murs après traitement. Attention, consécutivement au traitement de la salle, on **modifie la hauteur des murs et on diminue leur surface !!!**

$$S'_{(murs)} = (7,5 \times h) \times 2 + (7,3 \times h) \times 2 - 6,0 - 1,93 = 29,6 \cdot h - 7,93$$

La surface d'absorption équivalente des murs (et celle de la salle) est donc fonction de  $h$

$$A'_{(murs)} = S'_{(murs)} \times \alpha$$

$$A'_{(murs)} = (29,6 \cdot h - 7,93) \times 3,47 \times 10^{-2} = 1,03 \cdot h - 0,27$$

Surface d'absorption équivalente de la salle traitée :

$$A_{(salle traitée)} = A' + A_{(faux-plafond)} + A'_{(murs)}$$

$$A_{(salle traitée)} = 27,08 + 35,6 + (1,03 \cdot h - 0,27) = 1,03 \cdot h + 62,4$$

$$TR = 0,16 \times \frac{V_{(salle traitée)}}{A_{(salle traitée)}}$$

$$0,4 = 0,16 \times \frac{7,5 \times 7,3 \times h}{1,03 \cdot h + 62,4}$$

$$\Rightarrow h = 2,99 \text{ m} = 3,0 \text{ m}$$

Cette hauteur, supérieure à 2,80 m, est conforme à la contrainte de maintenir la surface vitrée.

**Remarque :**

Pour la salle avant travaux de volume  $2,2 \times 10^2 \text{ m}^3$ , le temps de réverbération préconisé doit être compris entre 0,4 s et 0,8 s.

On peut remarquer qu'il suffit de couvrir le plafond sans modifier le volume de la salle pour rendre la salle conforme à l'arrêté.

$$A_{\text{initial}} = \underbrace{A_{(murs)} + A_{(sol)} + A_{(fenêtres)} + A_{(porte)} + A_{(mobilier)}}_{A_{(surfaces inchangées)}} + A_{(plafond)}$$

$$A_{\text{initial}} = A_{(surfaces inchangées)} + A_{(plafond)}$$

Avant traitement  $\Rightarrow A_{\text{initial}} = A_{(surfaces inchangées)} + A_{(plafond)}$

$$A_{\text{initial}} = A_{(surfaces inchangées)} + 1,64$$

Le temps de réverbération est donné par la relation :

$$TR_{(initial)} = 0,16 \times \frac{V}{A_{\text{initial}}}$$

$$TR_{(initial)} = 0,16 \times \frac{224,475}{A_{(surfaces inchangées)} + 1,64} = 1,1 \text{ s}$$

$$A_{(surfaces inchangées)} + 1,64 = 0,16 \times \frac{224,475}{1,1}$$

$$A_{(surfaces inchangées)} = 0,16 \times \frac{224,475}{1,1} - 1,64$$

$$\Rightarrow A_{(surfaces inchangées)} = 31,0 \text{ m}^2$$

Après traitement  $\Rightarrow A_{\text{initial}} = A_{(surfaces inchangées)} + A_{(faux plafond)}$

$$A_{\text{initial}} = 31,0 + 35,6 = 67 \text{ m}^2$$

$$TR_{(initial)} = 0,16 \times \frac{224,475}{31,0 + 35,6} = 0,54 \text{ s} \qquad 0,4 \leq TR_{(initial)} \leq 0,8 \text{ s}$$

Niveau A	Les indicateurs de réussite apparaissent dans leur (quasi) totalité.
Niveau B	Les indicateurs de réussite apparaissent partiellement.
Niveau C	Les indicateurs de réussite apparaissent de manière insuffisante.
Niveau D	Les indicateurs de réussite ne sont pas présents.

Evaluation par compétences	Compétences évaluées	Indicateurs de réussite	A	B	C	D
	<b>S'approprier</b>	L'élève a identifié les grandeurs pertinentes nécessaires à la résolution du problème : TR ; Ai ; Si et h (hauteur) Il a évalué quantitativement TR après travaux.				
	<b>Analyser</b>	L'élève propose un raisonnement pertinent qui met en relation les différentes formules afin de déterminer h. Ou il propose h à 2,80 m afin de trouver TR et se rend compte que cela est trop bas et complète en calculant h .				
	<b>Réaliser</b>	L'élève mène les calculs nécessaires et les présentes dans un ordre cohérent. Les unités sont respectées. Une présentation claire est nécessaire.				
	<b>Valider</b>	L'élève conclut et répond à la question posée.				
		Note au demi-point				