

AMÉRIQUE DU SUD 2015

Réhabilitation d'une salle de classe

Dans le cadre de la réhabilitation du bâtiment d'un établissement scolaire, une pièce rectangulaire de volume suffisant doit être aménagée en salle de classe. Le responsable du chantier souhaite coller un matériau acoustique absorbant sur le plafond actuel, car un revêtement de plafond non adapté peut entraîner une acoustique médiocre dans les locaux destinés à l'enseignement, et donc une mauvaise qualité sonore qui rendra la parole non intelligible.

Quel matériau acoustique doit-il coller au plafond afin d'obtenir une salle de classe adaptée aux conditions d'apprentissage ?

Hypothèses de travail :

- dans le domaine du bâtiment et pour cette étude, la fréquence f du son de référence est de 1000 Hz ;

- la répartition des matériaux absorbants est homogène.

L'analyse des données ainsi que la démarche suivie seront évaluées et nécessitent d'être correctement présentées. Les calculs numériques seront menés à leur terme. Il est aussi nécessaire d'apporter un regard critique sur le résultat et de discuter de la validité des hypothèses de travail formulées.

Données sur la pièce à réhabiliter

Caractéristiques initiales de la pièce :

- Dimensions : Longueur $L = 8,60$ m ; largeur $\ell = 6,80$ m ; hauteur $h = 3,00$ m

- Sol : Carrelage de surface totale S_s

- Murs : Plâtre peint de surface totale $S_m = 79,4$ m²

- Plafond : Plâtre peint de surface totale S_{plafond}

- Fenêtres : surface totale des 3 vitrages $S_f = 9,0$ m²

- Ouvertures : surface totale des 2 portes en bois $S_p = 4,0$ m²

- Équipement : 1 bureau professeur, 25 tables d'écoliers et 26 chaises en bois

Coefficients d'absorption de quelques matériaux à $f = 1000$ Hz

Désignation des surfaces	Coefficients d'absorption α
Plâtre peint	0,030
Carrelage	0,010
Vitres	0,030
Portes en bois	0,50

Aires d'absorption équivalentes de quelques mobiliers à $f = 1000$ Hz

Désignation des éléments	Aire d'absorption équivalente A_k (m ²)
Une table de bureau	0,050
Une table d'écolier	0,025
Une chaise en bois	0,020

Durée de réverbération d'une pièce

On appelle durée de réverbération d'une pièce notée Tr , la durée mise par un son pour décroître de 60 dB après l'arrêt de la source émettrice. Tr représente le critère principal pour l'évaluation de la propriété acoustique d'une pièce. La durée de réverbération se calcule par la formule de Sabine :

$$Tr = 0,16 \cdot \frac{V}{A}$$

Tr : durée de réverbération en s
 V : volume de la pièce en m³
 A : aire d'absorption équivalente des équipements en m²

Durée de réverbération maximale de différents lieux

Types de locaux meublés non occupés	Durée de réverbération maximale
Salle de sport	$Tr = 1,5$ s
Salle d'enseignement de volume $V \leq 250$ m ³	$Tr = 0,60$ s
Salle d'enseignement de volume $V > 250$ m ³	$Tr = 0,90$ s
Bureau individuel	$Tr = 0,60$ s

Aire d'absorption équivalente d'une pièce

L'aire d'absorption équivalente notée A (m²) est la valeur de l'aire d'une paroi parfaitement absorbante ayant la même absorption que les divers matériaux, meubles ou occupants considérés.

$$A = \sum_{j=1}^m \alpha_j \cdot S_j + \sum_{k=1}^n A_k$$

S_j : surface des matériaux dans la pièce en m²

α_j : coefficients d'absorption des matériaux composant les surfaces de la pièce

A_k : aire d'absorption équivalente des équipements en m²

Coefficients d'absorption de matériaux acoustiques pour plafond et prix au m²

Type de matériau	α	Prix
Laine de verre 50 mm recouverte de toile	0,80	8 € / m ²
Panneaux bois isorel 15 mm	0,65	10 € / m ²
Panneaux de bois rainurés	0,55	7 € / m ²
Dalles fibres minérales	0,70	15 € / m ²

Correction

• Durée de réverbération maximale :

Le volume de la salle de classe est de $V = 8,6 \times 6,8 \times 3 = 175$ m³.

Durée de réverbération maximal : 0,60 s

• Aire d'absorption équivalente :

$$A = \alpha_{\text{carrelage}} \times S_s + \alpha_{\text{plâtre}} \times S_m + \alpha_{\text{plafond}} \times S_{\text{plafond}} + \alpha_{\text{vitre}} \times S_f + \alpha_{\text{porte}} \times S_p + A_{\text{table bureau}} + 25 \times A_{\text{table écolier}} + 26 \times A_{\text{chaise}}$$

En calculant ce que l'on connaît, on obtient : $A = \alpha_{\text{plafond}} \times 58,48 + 6,4318$

Remarque : il vaut mieux ici passer à l'expression numérique de l'équation, afin de simplifier l'écriture.

• Calcul de α_{plafond} minimum

En utilisant les calculs précédents et la loi de Sabine, on obtient

$$\text{l'équation : } 0,60 = \frac{0,16 \times 175,44}{\alpha_{\text{plafond}} \times 58,48 + 6,4318}$$

$$\text{On isole } \alpha_{\text{plafond}} : \alpha_{\text{plafond}} = \left(\frac{0,16 \times 175,44}{0,60} - 6,4318 \right) \times \frac{1}{58,48} = 0,69$$

• Choix du matériau

Deux matériaux sont éligibles : les dalles de fibres minérales et la laine de verre recouverte de toile.

En se basant sur des critères purement économiques, on choisira la laine de verre recouverte de toile.

D'autres critères peuvent être pris en compte pour ce choix (écologie, esthétique).

On pourrait vérifier que le matériau choisit est convenable pour d'autres fréquences que 1000 Hz.

On pourrait aussi tenir compte de la présence de personne dans la salle pour calculer le temps de réverbération. Si ça se trouve, l'ajout d'un matériau isolant n'est pas forcément nécessaire lorsque la salle accueille des élèves.

Barème

Détermination de la durée de réverbération maximale de la salle :	1
Expression de l'aire équivalente de la salle :	1
Déterminer α_{plafond} :	2
Conclusion et discussion :	1