

DS de Spécialité n° 2 – 2016
Isolation acoustique d'un réfectoire

Le Conseil Régional souhaite effectuer des travaux dans le réfectoire d'un lycée, qui date des années 80, afin d'améliorer son acoustique. Une entreprise privée est venue sur place et a déterminé un temps de réverbération $TR = 2,0$ s dans ce réfectoire.

Les documents utiles à la résolution sont donnés sur la page suivante.

1. Pourquoi est-il nécessaire de diminuer le temps de réverbération de la salle du réfectoire ?
2. Compléter le tableau en **ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE** en indiquant la surface des différentes structures présente dans la salle ainsi que le matériau utilisé.
3. Afin de mettre le réfectoire en conformité avec la loi, l'administration souhaite placer des plaques isolantes sur toute la surface du plafond, sans modifier les murs ni le sol. L'entreprise ayant effectué le calcul du temps de réverbération du réfectoire propose alors plusieurs matériaux isolants afin de diminuer celui-ci :

Isolant	n°1	n°2	n°3	n°4	n°5
Coefficient d'absorption acoustique	0,15	0,25	0,30	0,50	0,80
Prix au m ² pose incluse (€)	20	40	70	100	180

Parmi ces cinq isolants, lequel serait-il judicieux de choisir ?

Remarque :

L'analyse des données, la démarche suivie et l'analyse critique du résultat sont évaluées et nécessitent d'être correctement présentées.

Le candidat notera sur sa copie toutes ses pistes de recherche, même si elles n'ont pas abouti.

ANNEXE – À RENDRE AVEC LA COPIE

	Surface (m ²)	Matériau
Plafond		
Sol		
Portes		
Fenêtres		
Murs (ouvertures non comprises)		

Document 1 : Article 5 de l'arrêté du 25 avril 2003.

Les temps de réverbération (exprimés en secondes) à respecter dans les locaux sont donnés dans le tableau ci-dessous. Ils correspondent à la moyenne arithmétique des temps de réverbération dans les intervalles d'octaves centrés sur 500, 1000 et 2000 Hz. Ces valeurs s'entendent pour des locaux normalement meublés et non occupés.

Locaux meublés non occupés	Temps de réverbération moyen TR (exprimé en secondes)
Salle de repos des écoles maternelles, local d'enseignement de musique, d'études, d'activités pratiques, salles de restauration et polyvalente de volume $\leq 250 \text{ m}^3$. Local médical ou social, infirmerie.	$0,4 \leq TR \leq 0,8$
Local d'enseignement, de musique, d'études ou d'activités pratiques d'un volume $> 250 \text{ m}^3$	$0,6 \leq TR \leq 1,2$
Salle de restauration d'un volume $> 250 \text{ m}^3$	$TR \leq 1,2$
Salle polyvalente d'un volume $> 250 \text{ m}^3$	$0,6 \leq TR \leq 1,2$

D'après : www.legifrance.gouv.fr

Document 2 : Formulaire.

- Le temps de réverbération TR (ou durée de réverbération) représente la durée nécessaire pour que le niveau sonore d'un son diminue de 60 dB une fois la source éteinte.
- Le temps de réverbération TR , exprimé en secondes, se calcule à partir de la formule de Sabine : $TR = 0,16 \times \frac{V}{A}$, V étant le volume de la salle (en m^3) et A sa surface équivalente d'absorption (en m^2).
- On définit la surface équivalente d'absorption d'une salle par $A = \alpha \times S$, α étant le coefficient d'absorption acoustique du matériau et S sa surface. Dans le cas de plusieurs matériaux de natures et de surfaces différentes, on a : $A = \sum \alpha_i \times S_i$

Document 3 : Informations sur le réfectoire.

Le réfectoire est une salle rectangulaire de 15,00 m de long sur 8,00 m de large. La hauteur sous plafond est de 3,50 m.

Le réfectoire dispose de 6 fenêtres de 6,00 m^2 chacune.

Deux grandes portes en bois de 2,00 m de large et de 3,00 m de haut permettent d'accéder à la salle.

Le sol est en carrelage tandis que les murs et le plafond sont en plâtre.

Le réfectoire dispose de 20 tables et de 120 chaises. L'ensemble du mobilier a une surface d'absorption équivalente : $A_M = 12,5 \text{ m}^2$.

Document 4 : Coefficient d'absorption acoustique moyen α de différents matériaux.

Matériau	Plâtre	Carrelage	Bois	Verre
α	0,030	0,020	0,15	0,18

Correction du DS de Spécialité n°2 – 2016
Isolation acoustique d'un réfectoire

Pour tout l'exercice, on pose les symboles suivants :

Longueur de la salle : $L = 15,00$ m ;

Largeur de la salle : $l = 8,00$ m

Hauteur sous plafond de la salle : $h = 3,50$ m

1. Le volume de la salle est égal à :

$$V = L \times l \times h = 15,00 \times 8,00 \times 3,50 = 420 \text{ m}^3.$$

D'après le document n°1, une salle de restauration d'un volume supérieur à 250 m^3 doit avoir un temps de réverbération moyen TR inférieur à 1,2 s. Or le temps de réverbération du réfectoire est égal à 2,0 s, donc il est nécessaire de le diminuer.

2.

	Surface (m²)	Matériau
Plafond	$L \times l = 120 \text{ m}^2$	Plâtre
Sol	$L \times l = 120 \text{ m}^2$	Carrelage
Portes	$2 \times 2,00 \times 3,00 = 12,0 \text{ m}^2$	Bois
Fenêtres	$6 \times 6,00 = 36,0 \text{ m}^2$	Verre
Murs (ouvertures non comprises)	$2 \times L \times h + 2 \times l \times h - 12,0 - 36,0 =$ $2 \times 15,00 \times 3,50 + 2 \times 8,00 \times 3,50 - 12,0$ $- 36,0 =$ 113 m^2	Plâtre

3. Analysons le problème :

- La valeur du TR après les travaux doit respecter la législation (voir question 1 + document 1). TR est trop élevé, on doit le diminuer.
- TR est inversement proportionnel à A : ainsi, pour diminuer TR, on doit augmenter A.
- La valeur de A dépend de la nature des différents matériaux ainsi que des surfaces. Ces informations sont connues de la question 2.
- Lors des travaux, seul le plafond est modifié. Afin d'augmenter la valeur de A, seul le coefficient α du plafond est augmenté.
- Les matériaux ont des prix différents ; ce facteur doit être pris en compte également.

SOLUTION COMPLÈTE

Le temps de réverbération doit être au maximum égal à 1,2 s (d'après le document n° 1), déterminons la surface d'absorption équivalente minimale :

$$\text{D'après le document 2 : } TR = 0,16 \times \frac{V}{A}$$

$$\text{donc } A = 0,16 \times \frac{V}{TR}$$

$A = 0,16 \times \frac{420}{1,2} = 56 \text{ m}^2$ ainsi, la valeur de la surface équivalente d'absorption A doit être supérieure à 56 m^2 .

Expression de la surface A d'absorption équivalente de la salle :

$$\text{D'après le document 2 : } A = \sum \alpha_i \times S_i$$

Dans notre cas :

$$A = \alpha_{\text{plafond}} \times S_{\text{plafond}} + \alpha_{\text{sol}} \times S_{\text{sol}} + \alpha_{\text{portes}} \times S_{\text{portes}} + \alpha_{\text{fenêtres}} \times S_{\text{fenêtres}} + \alpha_{\text{murs}} \times S_{\text{murs}} + A_M$$

Déterminons la valeur minimale de α_{plafond} qui permette d'obtenir une valeur de A au moins égale à 56 m^2 .

$$\alpha_{\text{plafond}} \times S_{\text{plafond}} = A - (\alpha_{\text{sol}} \times S_{\text{sol}} + \alpha_{\text{portes}} \times S_{\text{portes}} + \alpha_{\text{fenêtres}} \times S_{\text{fenêtres}} + \alpha_{\text{murs}} \times S_{\text{murs}} + A_M)$$
$$\alpha_{\text{plafond}} = \frac{A - (\alpha_{\text{sol}} \times S_{\text{sol}} + \alpha_{\text{portes}} \times S_{\text{portes}} + \alpha_{\text{fenêtres}} \times S_{\text{fenêtres}} + \alpha_{\text{murs}} \times S_{\text{murs}} + A_M)}{S_{\text{plafond}}}$$

Remplaçons les coefficients d'absorption acoustique par les valeurs données dans le document n°4 :

$$\alpha_{\text{plafond}} = \frac{(56 - (0,020 \times 120 + 0,15 \times 12 + 0,18 \times 36 + 0,030 \times 113 + 12,5))}{120}$$

$$\alpha_{\text{plafond}} = 0,24525 = 0,25 \text{ avec deux chiffres significatifs}$$

Choix du matériau :

- S'il s'agit juste de diminuer le temps de réverbération, tous les matériaux peuvent convenir, car les 5 isolants proposés ont un coefficient d'absorption acoustique supérieur à celui du plâtre (0,030).
- Pour diminuer le temps de réverbération afin de se mettre en règle avec la législation (document n°1), le coefficient d'absorption acoustique α du matériau doit être au moins égal à 0,25, donc seul l'isolant n°1 ne convient pas.
- L'isolant choisi ainsi que la pose ont un coût : on préférera choisir le matériau le moins coûteux des quatre matériaux possibles. Donc **l'isolant n°2** est le matériau donnant le meilleur compromis isolation / prix (40 €/m² pour l'isolant n°2 contre 180 €/m² pour l'isolant n°5).

Grille DS2

- $V = L \times l \times h = 420 \text{ m}^3$
- Doc n° 1 impose $TR < 1,2 \text{ s}$, donc il faut $TR \searrow$
- Annexe 120 m^2 , plâtre ; 120 m^2 , carrelage
- Annexe $12,0 \text{ m}^2$, bois ; $36,0 \text{ m}^2$, verre
- Annexe 113 m^2 , plâtre
- $A = 0,16V/TR$
- Pour $TR < 1,2 \text{ s}$ il faut $A > 56 \text{ m}^2$
- α_{plafond} en fonction des $\alpha_i S_i$, de A et A_M
- $\alpha_{\text{plafond}} = 0,25$
- Tous les matériaux sont meilleurs que le plâtre
- Tous conviennent sauf l'isolant n° 1
- Le moins coûteux est le n° 2, détaillé

Total .../12
Note .../20

Grille DS2

- $V = L \times l \times h = 420 \text{ m}^3$
- Doc n° 1 impose $TR < 1,2 \text{ s}$, donc il faut $TR \searrow$
- Annexe 120 m^2 , plâtre ; 120 m^2 , carrelage
- Annexe $12,0 \text{ m}^2$, bois ; $36,0 \text{ m}^2$, verre
- Annexe 113 m^2 , plâtre
- $A = 0,16V/TR$
- Pour $TR < 1,2 \text{ s}$ il faut $A > 56 \text{ m}^2$
- α_{plafond} en fonction des $\alpha_i S_i$, de A et A_M
- $\alpha_{\text{plafond}} = 0,25$
- Tous les matériaux sont meilleurs que le plâtre
- Tous conviennent sauf l'isolant n° 1
- Le moins coûteux est le n° 2, détaillé

Total .../12
Note .../20

Grille DS2

- $V = L \times l \times h = 420 \text{ m}^3$
- Doc n° 1 impose $TR < 1,2 \text{ s}$, donc il faut $TR \searrow$
- Annexe 120 m^2 , plâtre ; 120 m^2 , carrelage
- Annexe $12,0 \text{ m}^2$, bois ; $36,0 \text{ m}^2$, verre
- Annexe 113 m^2 , plâtre
- $A = 0,16V/TR$
- Pour $TR < 1,2 \text{ s}$ il faut $A > 56 \text{ m}^2$
- α_{plafond} en fonction des $\alpha_i S_i$, de A et A_M
- $\alpha_{\text{plafond}} = 0,25$
- Tous les matériaux sont meilleurs que le plâtre
- Tous conviennent sauf l'isolant n° 1
- Le moins coûteux est le n° 2, détaillé

Total .../12
Note .../20

Grille DS2

- $V = L \times l \times h = 420 \text{ m}^3$
- Doc n° 1 impose $TR < 1,2 \text{ s}$, donc il faut $TR \searrow$
- Annexe 120 m^2 , plâtre ; 120 m^2 , carrelage
- Annexe $12,0 \text{ m}^2$, bois ; $36,0 \text{ m}^2$, verre
- Annexe 113 m^2 , plâtre
- $A = 0,16V/TR$
- Pour $TR < 1,2 \text{ s}$ il faut $A > 56 \text{ m}^2$
- α_{plafond} en fonction des $\alpha_i S_i$, de A et A_M
- $\alpha_{\text{plafond}} = 0,25$
- Tous les matériaux sont meilleurs que le plâtre
- Tous conviennent sauf l'isolant n° 1
- Le moins coûteux est le n° 2, détaillé

Total .../12
Note .../20