

Brevet de technicien supérieur

Bâtiment

Épreuve E32

Sciences physiques appliquées

Session 2023

Durée : 2 heures

Coefficient : 2

Matériel autorisé :

L'usage de la calculatrice **avec le mode examen activé** est autorisé.
L'usage de la calculatrice **sans mémoire**, « type collègue », est autorisé.

Important

Ce sujet comporte 7 pages numérotées de 1/7 à 7/7.
Dès remise du sujet, vérifier que celui-ci est complet.

BTS Bâtiment	Sujet	Session 2023
Épreuve U32 – Sciences Physiques Appliquées	durée : 2 heures	Coefficient : 2
Code : 23BTE3SC		page 1/7

Un problème d'isolant, polystyrène expansé (PSE) ou laine de verre (LV) ?

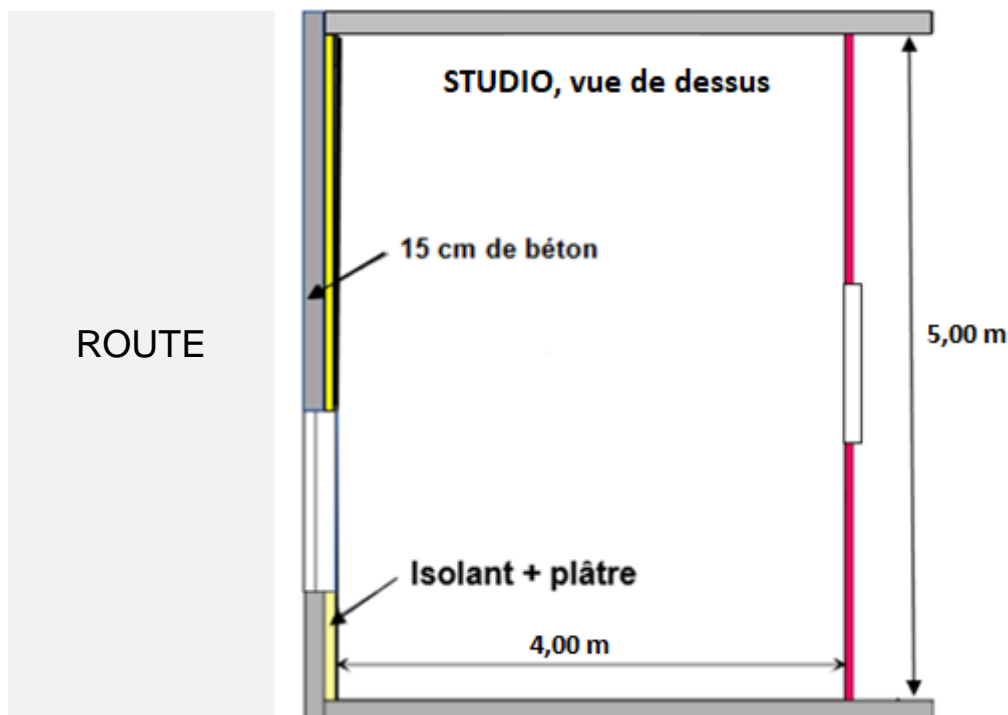
Les parties A, B et C sont indépendantes.

Un particulier décide de rénover l'isolation thermique de la paroi de son studio, en façade d'une route, tout en gardant une bonne isolation acoustique.

Le particulier veut faire son choix en comparant deux isolants et en réfléchissant à leurs impacts sur plusieurs critères :

- impact thermique ;
- impact de la masse et du prix ;
- impact acoustique ;
- impact écologique.

La paroi en façade est composée d'un mur de béton plein de 15 cm d'épaisseur, de l'isolant et d'un parement en plâtre. Le mur est percé d'une fenêtre.



Dimensions de la fenêtre : 148 cm x 125 cm

Hauteur sous plafond : 2,40 m

BTS Bâtiment	Sujet	Session 2023
Épreuve U32 – Sciences Physiques Appliquées	durée : 2 heures	Coefficient : 2
Code : 23BTE3SC		page 2/7

Partie A : Impact thermique, masse et prix : PSE ou LV ? (7 points)

Le particulier veut comparer l'efficacité thermique de deux isolants d'épaisseur identique : le polystyrène expansé (PSE) et la laine de verre (LV).

Selon l'isolant choisi, deux possibilités de mur se présentent à lui, composé des épaisseurs des matériaux suivants :

Cas 1 : béton 15 cm + LV 10 cm + plâtre ; **Cas 2** : béton 15 cm + PSE 10 cm + plâtre.

En faisant des recherches, le particulier trouve que la résistance thermique conseillée actuellement pour un mur de façade est $R \geq 2,9 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$.

Données :

Type d'isolant	$\lambda \text{ (W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1})$	Masse volumique	Tarif au m^2
Laine de verre (LV) 10 cm d'épaisseur	$\lambda_1 = 0,032$	$28 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$	7,96 €
Polystyrène expansé (PSE) 10 cm d'épaisseur	$\lambda_2 = 0,038$	$15 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$	16,00 €

- résistance thermique pour une surface de 1 m^2

Béton (épaisseur 15 cm) : $R_b = 0,090 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$; Plâtre (épaisseur 1,0 cm) : $R_p = 0,040 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$.

Pour les parois, il faut tenir compte de la convection et prendre en compte les résistances thermiques superficielles intérieures et extérieures suivantes :

- résistance thermique superficielle intérieure : $r_{si} = 0,11 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$;

- résistance thermique superficielle extérieure : $r_{se} = 0,060 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$.

- flux thermique surfacique : $\varphi = \Delta\theta/R$ où $\Delta\theta$ représente la différence de température et R la résistance thermique. φ s'exprime en $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$.

- prix du kWh à 0,10 €.

- 1 - Nommer la grandeur λ et expliquer sa signification physique.
- 2 - En tenant compte des résistances thermiques superficielles par convection, exprimer puis calculer la résistance thermique R_1 du mur dans le cas 1 et la résistance thermique R_2 du mur dans le cas 2.
- 3 - Commenter si ces deux isolants permettent de respecter la résistance thermique conseillée.
- 4 - Montrer que la surface du mur côté route, sans compter la fenêtre, est d'environ 10 m^2 .

La différence de température entre l'intérieur du logement et l'extérieur est de 20°C pendant la période de chauffe qui dure 120 jours.

5 - Montrer que le flux thermique surfacique transféré à travers le mur est d'environ $\varphi_1 = 5,9 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ dans le cas de la présence de l'isolant LV.

6 - Calculer le flux thermique Φ_1 transféré à travers la totalité du mur côté route dans ce cas 1.

BTS Bâtiment	Sujet	Session 2023
Épreuve U32 – Sciences Physiques Appliquées	durée : 2 heures	Coefficient : 2
Code : 23BTE3SC		page 3/7

- 7 - Si un chauffage compensait ces pertes thermiques à travers le mur, calculer alors l'énergie E_1 consommée en kWh pendant la période de chauffe dans ce cas 1. Calculer le coût du chauffage C_1 dans ce cas 1.
- 8 - Calculer la masse m_1 d'isolant (LV) nécessaire pour construire le mur dans le cas 1.
- 9 - Calculer le prix d'achat p_{A1} de LV nécessaire à cette situation.
- 10 - À partir des calculs précédents et à l'aide du tableau ci-dessous, donner les arguments au particulier lui permettant de faire un choix entre les deux isolants LV et PSE.

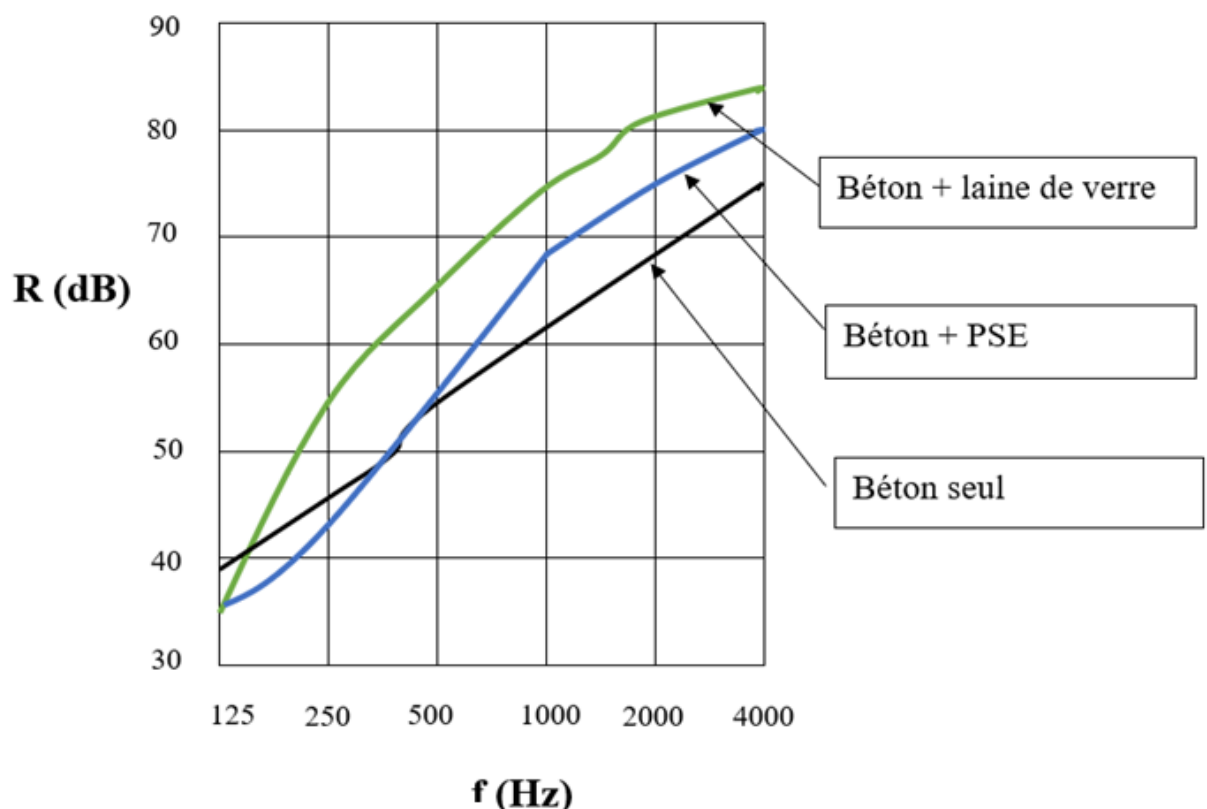
	Cas 1 : isolant LV	Cas 2 : isolant PSE
flux thermique surfacique	$\varphi_1 = 5,9 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$	$\varphi_2 = 6,9 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$
flux thermique	Φ_1	$\Phi_2 = 69 \text{ W}$
Energie	E_1	$E_2 = 200 \text{ kWh}$
Coût	C_1	$C_2 = 20 \text{ €}$
Masse isolant	m_1	$m_2 = 15 \text{ kg}$
Prix achat	p_{A1}	$p_{A2} = 160 \text{ €}$

Partie B : Impact acoustique : PSE ou LV ? (7 points)

En acoustique, la performance des murs est représentée par leur indice d'affaiblissement acoustique R .

Le graphique ci-dessous indique l'indice d'affaiblissement acoustique d'un béton d'épaisseur 15 cm et du même béton doublé d'un isolant en fonction des fréquences.

D'après www.bruit.fr



BTS Bâtiment	Sujet	Session 2023
Épreuve U32 – Sciences Physiques Appliquées	durée : 2 heures	Coefficient : 2
Code : 23BTE3SC		page 4/7

11 - Choisir, en expliquant votre choix parmi les deux isolants, le plus efficace d'un point de vue affaiblissement acoustique.

Pour ces murs, à partir des courbes ci-dessus, on détermine une valeur globale R_A de l'indice d'affaiblissement acoustique (valeur unique). Pour une paroi en béton de 15 cm d'épaisseur, $R_A = 50 \text{ dB}$ pour un bruit routier. De même, pour la fenêtre, $R_{Af} = 27 \text{ dB}$.

Le tableau ci-dessous donne l'évaluation des variations des indices d'affaiblissement acoustique pour les murs doublés avec les isolants étudiés

Type d'isolant thermique	$\Delta R_A = R_A \text{ (béton doublé d'un isolant)} - R_A \text{ (béton seul)}$
PSE	- 3 dB
Laine de Verre (LV)	+6 dB

Une valeur négative de ΔR_A peut s'expliquer par l'obstruction des poches d'air en surface du béton quand on lui a appliqué l'isolant.

12 - Calculer les indices d'affaiblissement acoustiques $R_{A,PSE}$ et $R_{A,LV}$.

13 - Commenter l'effet de l'isolant sur l'efficacité acoustique du mur, et citer l'isolant à choisir pour garder une bonne efficacité acoustique.

Pour une paroi composée, l'indice d'affaiblissement acoustique total a pour expression :

$$R = 10 \log \left(\frac{S_p}{S_1 \times 10^{-R_{A1}/10} + S_2 \times 10^{-R_{A2}/10}} \right), \text{ avec :}$$

S_p : surface totale de la paroi.

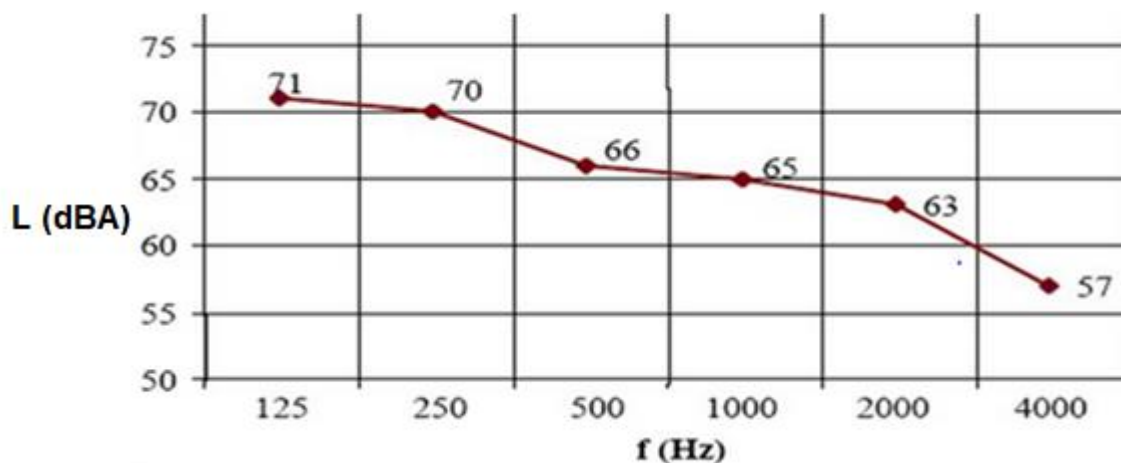
S_1, S_2 : surface des éléments composant la paroi.

R_{A1}, R_{A2} : indices d'affaiblissement acoustiques des éléments composant la paroi en dB.

La législation impose un indice d'affaiblissement acoustique standardisé D supérieur à 30 dB pour une façade soumise à un bruit routier. On préconise une valeur de R supérieure de 5 dB à la valeur de D .

14 - Calculer l'indice d'affaiblissement R de la paroi en façade du studio (mur avec laine de verre et la fenêtre) dans le cas de l'isolement par laine de verre. Commenter.

Le niveau sonore du bruit routier en bord de façade du logement est enregistré par bandes de fréquences en dBA ci-dessous :



BTS Bâtiment	Sujet	Session 2023
Épreuve U32 – Sciences Physiques Appliquées	durée : 2 heures	Coefficient : 2
Code : 23BTE3SC		page 5/7

- 15 - L'analyse est donnée par bande de fréquences. Indiquer ce que représentent les valeurs indiquées en abscisse du graphique.
- 16 - Expliquer l'intérêt de réaliser des mesures de niveaux sonores en dBA.
- 17 - Calculer le niveau sonore global du bruit routier L_{ext} .
On donne $L = 10 \log (\sum 10^{L_i/10})$ avec L_i niveau sonore par bande de fréquences
- 18 - Si l'indice d'affaiblissement acoustique R de la paroi est de 35 dB, déterminer alors le niveau sonore L_{int} dans le logement. Commenter si ce niveau sonore dans le logement est confortable au regard de la valeur du niveau sonore pour une conversation calme compris entre 40 et 60 dB.

Partie C : Impact écologique : PSE ou LV ? (6 points)

Le particulier s'intéresse au recyclage de ces isolants.

À l'heure actuelle, tous les déchets de chantier destinés à l'isolation ne sont pas recyclés.

- La laine de verre se retrouve souvent dans les décharges car elle est estimée comme trop souillée pour être réutilisée ;
- Le polystyrène finit souvent dans les incinérateurs pour produire de l'énergie.

La laine de verre est un matériau minéral de consistance laineuse obtenu par fusion à partir de sable et de verre recyclé.

Le polystyrène expansé (PSE) est un polymère. Sa formule est la suivante :

Données

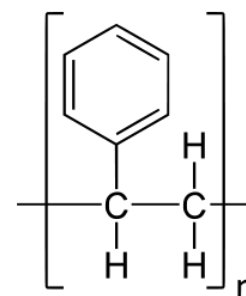
- masses molaires atomiques exprimées en $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$,

$M(\text{C}) : 12 ; M(\text{H}) : 1 ; M(\text{O}) : 16 ;$

- conversions : $1 \text{ Wh} = 3600 \text{ J}, 1 \text{ MJ} = 1.10^6 \text{ J} ;$

- le pouvoir calorifique supérieur (PCS) du polystyrène expansé est :

$\text{PCS} = 41 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$



19 - Définir le terme « polymère ».

20 - Indiquer ce que représente « n » dans la formule ci-dessus du PSE.

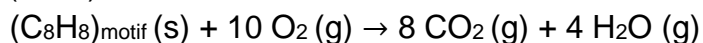
21 - Indiquer pourquoi la laine de verre ne peut pas brûler.

Le PSE de formule $(\text{C}_8\text{H}_8)_n$ peut facilement brûler. Cet isolant est incinéré pour produire de l'énergie thermique.

22 - Déterminer l'énergie E en kWh dégagée par la combustion de 1,0 kg de PSE.

BTS Bâtiment	Sujet	Session 2023
Épreuve U32 – Sciences Physiques Appliquées	durée : 2 heures	Coefficient : 2
Code : 23BTE3SC		page 6/7

L'équation simplifiée de la réaction modélisant la combustion du PSE en considérant un motif élémentaire de formule $(C_8H_8)_{\text{motif}}$ est la suivante :



- 23 - Nommer le gaz de formule CO_2 produit par la combustion du PSE.
- 24 - Expliquer le problème environnemental lié au dégagement de CO_2 .
- 25 - Calculer la quantité de matière n_{PSE} (exprimée en mole) pour un motif $-C_8H_8-$ dans une masse $m(C_8H_8)_{\text{motif}} = 1,0 \text{ kg}$.
- 26 - Montrer que la quantité de matière de CO_2 produit est environ $n_{CO_2} = 77 \text{ mol}$.
- 27 - Calculer la masse de CO_2 dégagé par kWh d'énergie produite.
- 28 - La combustion du fioul domestique a un PCS égal à $13 \text{ kWh}\cdot\text{kg}^{-1}$ et produit 270 g de CO_2 par kWh d'énergie fournie. Comparer l'impact environnemental de la combustion du PSE par rapport au fioul.

BTS Bâtiment	Sujet	Session 2023
Épreuve U32 – Sciences Physiques Appliquées	durée : 2 heures	Coefficient : 2
Code : 23BTE3SC		page 7/7