

Brevet de technicien supérieur

Bâtiment

Épreuve E32

Sciences physiques appliquées

Session 2022

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 9 pages numérotées de 1/9 à 9/9.
L'annexe page 9/9 est à rendre avec la copie.
Dès remise du sujet, vérifier que celui-ci est complet.

BTS BÂTIMENT	Sujet	Session 2022
Épreuve U32 - Sciences Physiques Appliquées	durée : 2 heures	coefficient : 2
Code : 22BTE3SC		page 1 sur 9

Rénovation d'un gymnase

Dans le but de diminuer la consommation énergétique et d'améliorer le confort des usagers, un Syndicat Intercommunal de Gestion des Installations Sportives (SIGIS) envisage des travaux de rénovation de son gymnase.

La rénovation du bâtiment comprend l'isolation thermique des murs extérieurs et du toit, l'amélioration de l'acoustique du gymnase avec des panneaux isolants suspendus et la pose d'un nouveau revêtement de sol.

Le sujet comporte trois parties indépendantes :

Partie A : Étude thermique du gymnase rénové (8 points)

Partie B : Rénovation acoustique du gymnase (6 points)

Partie C : Étude du revêtement de sol (6 points)

BTS BÂTIMENT	Sujet	Session 2022
Épreuve U32 - Sciences Physiques Appliquées	durée : 2 heures	coefficient : 2
Code : 22BTE3SC		page 2 sur 9

A. Étude thermique du gymnase rénové (8 points)

Le but de cet exercice est d'analyser l'isolation thermique du gymnase rénové, d'une surface totale au sol de 1 400 m².

Nous prendrons en compte dans notre étude les éléments d'architecture suivants :

- la toiture ;
- les parois extérieures constituées de murs maçonnés en soubassement et d'une surface vitrée en polycarbonate ;
- les portes-fenêtres à double vitrage.

L'ensemble des données liées aux éléments de structure du gymnase est recensé dans le tableau ci-dessous.

Élément de structure		composition	conductivité thermique λ (W·m ⁻¹ ·K ⁻¹)	résistance thermique pour 1 m ² R_{th} (m ² ·K·W ⁻¹)	coefficient de transmission thermique surfacique U (W·m ⁻² ·K ⁻¹)	Épaisseur e (cm)	Surface totale S (m ²)
Toit		laine de verre	0,034	8,8		30	1 400
		profils acier galvanisé interne - externe		négligeable			
Parois	murs maçonnés	béton		1,4		20	738
		laine de verre		4,7		1,6	
		bardage bois	0,012			2,0	
	surface vitrée				1,1	3,2	252
Portes-fenêtres à double vitrage (4/16/4)				0,48			12

Pour les parois verticales, il faut tenir compte de la convection et prendre en compte les résistances superficielles intérieures et extérieures par convection suivantes : $r_{si} = 0,11 \text{ m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$ et $r_{se} = 0,06 \text{ m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$ pour 1 m².

La température de confort à l'intérieur du gymnase est de $\theta_{int} = 18^\circ\text{C}$.

La température moyenne à l'extérieur pendant les périodes d'utilisation du chauffage est de $\theta_{ext} = 4,0^\circ\text{C}$.

La durée annuelle d'utilisation du chauffage est estimée à 150 jours ; la durée journalière d'utilisation du chauffage est estimée à 10 h chaque jour de la semaine.

BTS BÂTIMENT	Sujet	Session 2022
Épreuve U32 - Sciences Physiques Appliquées	durée : 2 heures	coefficient : 2
Code : 22BTE3SC		page 3 sur 9

I. Les transferts thermiques

- 1 - Donner le sens spontané des transferts thermiques à travers les parois, entre l'intérieur du gymnase et l'extérieur.
- 2 - Citer la grandeur physique qui représente le transfert thermique par unité de temps à travers une paroi. Donner son unité.
- 3 - Citer la grandeur physique permettant de caractériser la capacité d'une paroi à s'opposer au transfert thermique. Donner son unité.

II. Isolation Thermique

À l'aide des données du tableau :

- 4 - Retrouver par le calcul la valeur de la résistance thermique pour 1 m² du toit : $R_{\text{toit}} = 8,8 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$.
- 5 - Donner l'expression littérale du flux thermique surfacique ϕ_{toit} transféré à travers la toiture en fonction de la résistance thermique pour 1 m² du toit R_{toit} , de la température intérieure θ_{int} et de la température extérieure θ_{ext} . Calculer sa valeur.
- 6 - Vérifier que le flux thermique transféré à travers la surface totale de la toiture est $\Phi_{\text{toit}} = 2,2 \text{ kW}$.
- 7 - Vérifier par le calcul la valeur de la résistance thermique des murs maçonnés, en tenant compte de la convection : $R_{\text{murs}} = 7,9 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$.
- 8 - Vérifier que le flux thermique transféré à travers la surface totale des murs maçonnés est $\Phi_{\text{murs}} = 1,3 \text{ kW}$.

Le flux thermique transféré à travers la surface vitrée en polycarbonate est $\Phi_{\text{poly}} = 3,9 \text{ kW}$; celui transféré à travers les portes-fenêtres à double vitrage est $\Phi_{\text{PF}} = 0,26 \text{ kW}$.

- 9 - Montrer que la valeur du flux total transféré à travers toutes les parois du bâtiment est $\Phi_{\text{total}} = 7,7 \text{ kW}$.
- 10 - Déterminer l'énergie totale perdue par le bâtiment, en mégawattheures, pendant la durée annuelle d'utilisation du chauffage de ce gymnase (1 M = 10³ k).

L'énergie nécessaire au chauffage du bâtiment avant rénovation était de 45 MWh.

- 11 - Déterminer la valeur du rapport entre l'énergie consommée pour le chauffage avant et après rénovation. Commenter.

BTS BÂTIMENT	Sujet	Session 2022
Épreuve U32 - Sciences Physiques Appliquées	durée : 2 heures	coefficient : 2
Code : 22BTE3SC		page 4 sur 9

B. Rénovation acoustique du gymnase (6 points)

Après une première période d'utilisation du gymnase qui a montré un confort acoustique insuffisant, il a été décidé de rajouter des panneaux suspendus isolants.

Le confort acoustique d'une salle est directement lié au temps de réverbération acoustique T_R , défini comme la durée nécessaire pour que le niveau sonore, N en dB, diminue de 60 dB après l'arrêt de l'émission de la source sonore.

On peut le calculer par la formule de Sabine : $T_R = 0,16 V/A$

- T_R est le temps de réverbération acoustique (en s) ;
- V est le volume du local (en m^3) ;
- A est l'aire d'absorption équivalente (en m^2) définie par : $A = \sum \alpha_i \times S_i$, chaque surface S_i étant affectée d'un coefficient d'absorption α_i .

Pour toute la partie B, on considère l'enceinte du gymnase comme un parallélépipède rectangle de dimensions intérieures 45 m \times 30 m \times 8 m.

Avant les travaux d'isolation acoustique dans le gymnase, on a procédé à une détermination expérimentale de ce temps de réverbération, illustrée par la courbe dans le **Document réponse (page 9/9)**.

- 12 - Déterminer le temps de réverbération avant isolation acoustique du gymnase, en précisant sur la courbe dans le **Document réponse (page 9/9, à rendre avec la copie)** la construction graphique permettant cette détermination.
- 13 - À partir du temps de réverbération mesuré, vérifier que la valeur de l'aire d'absorption équivalente A du gymnase avant travaux était environ égale à $4 \cdot 10^2 m^2$.
- 14 - Les travaux de rénovation acoustique ont pour objectif de réduire le temps de réverbération. Indiquer comment on doit faire varier la surface d'absorption équivalente A . Expliquer l'intérêt pour la compréhension de la parole (dite aussi « intelligibilité de la parole »).

Pour diminuer le temps de réverbération du gymnase, des panneaux suspendus sont installés.

Le tableau ci-dessous indique les données relatives aux panneaux isolants suspendus.

Élément	Coefficient d'absorption moyen α à toutes fréquences	Surface (m^2)
Panneaux isolants suspendus	0,80	670

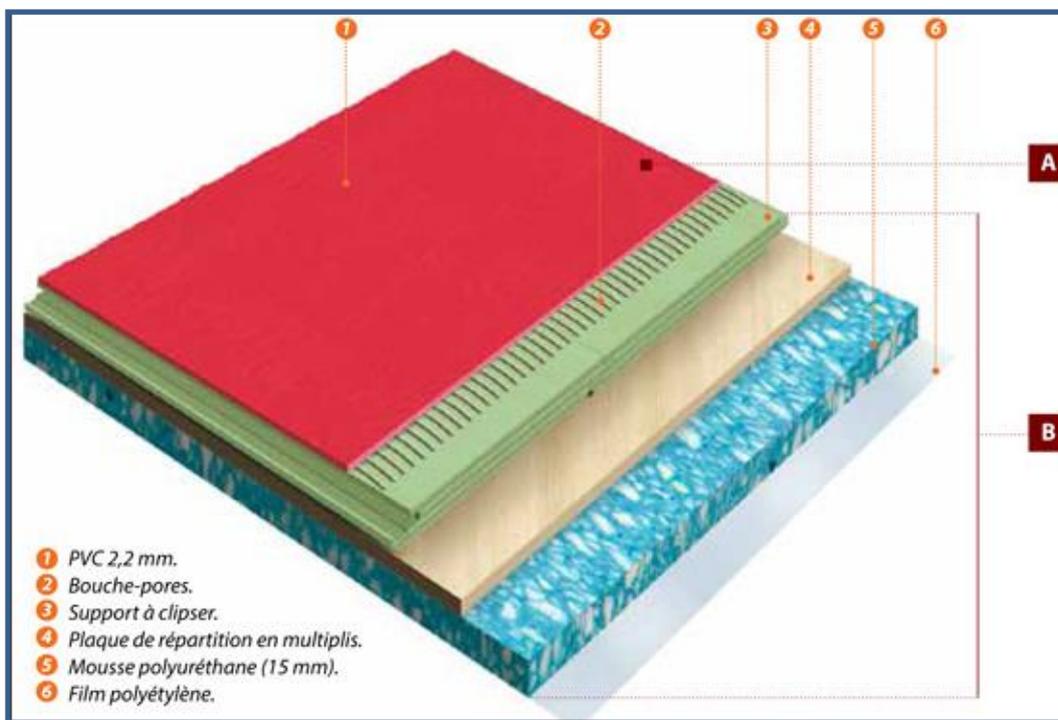
- 15 - Calculer la nouvelle surface d'absorption équivalente A' après les travaux de rénovation.

- 16 - En déduire la nouvelle valeur du temps de réverbération. Commenter.

BTS BÂTIMENT	Sujet	Session 2022
Épreuve U32 - Sciences Physiques Appliquées	durée : 2 heures	coefficient : 2
Code : 22BTE3SC		page 5 sur 9

C. Étude du revêtement de sol (6 points)

Le nouveau revêtement de sol du gymnase est constitué d'un revêtement de surface en polychlorure de vinyle (noté A sur le schéma) associé à un « support à déformation surfacique » (noté B sur le schéma) reposant sur un film en polyéthylène (noté 6 sur le schéma).



D'après <http://www.art-dan.fr/revetement-sol-sportif-pvc-gymnase/>

Ce nouveau revêtement de sol est donc composé de plusieurs matières plastiques : le polychlorure de vinyle (PVC), le polyéthylène (PE) et le polyuréthane (PU).

Quelques données :

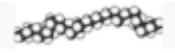
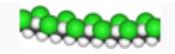
Masse molaire atomique : $M(\text{C}) = 12,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $M(\text{H}) = 1,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $M(\text{Cl}) = 35,5 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

Masse volumique moyenne du PVC à 25 °C : $\rho = 1\,300 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$.

Conversion énergétique : $1 \text{ kWh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$.

BTS BÂTIMENT	Sujet	Session 2022
Épreuve U32 - Sciences Physiques Appliquées	durée : 2 heures	coefficient : 2
Code : 22BTE3SC		page 6 sur 9

17 - Recopier et compléter les équations des réactions modélisant les polymérisations du polyéthylène PE et du PVC ci-dessous.

<p>Polyéthylène PE</p> 	<p>..... → $\left(\begin{array}{cc} \text{H} & \text{H} \\ & \\ -\text{C} & -\text{C}- \\ & \\ \text{H} & \text{H} \end{array} \right)_n$</p>
<p>Polychlorure de vinyle PVC</p> 	<p>n $\begin{array}{ccc} & \text{H} & \text{Cl} \\ & \diagdown & / \\ & \text{C} = \text{C} & \\ / & & \diagdown \\ \text{H} & & \text{H} \end{array}$ →</p>

18 - Indiquer si les polymérisations du PE et du PVC sont des polyadditions ou des polycondensations. Justifier.

19 - Définir l'indice n dans les formules des polymères.

20 - Calculer la masse molaire moléculaire du chlorure de vinyle $\text{CH}_2=\text{CHCl}$, le monomère du PVC.

21 - L'indice n du PVC étudié vaut en moyenne 1 500. Montrer que sa masse molaire moléculaire est égale à environ $94 \text{ kg}\cdot\text{mol}^{-1}$.

Le sol du gymnase est composé de plusieurs couches de différents matériaux. Celle du PVC a une épaisseur de 2,2 mm. Le sol du gymnase a pour dimension $45 \times 30 \text{ m}$.

22 - Déterminer la masse de PVC utilisée pour couvrir le sol du gymnase.

23 - En déduire la quantité de matière en moles de PVC correspondant à cette masse.

BTS BÂTIMENT	Sujet	Session 2022
Épreuve U32 - Sciences Physiques Appliquées	durée : 2 heures	coefficient : 2
Code : 22BTE3SC		page 7 sur 9

L'énergie grise des matériaux de construction.

Économiser l'énergie, c'est devenu une évidence, que ce soit pour des raisons climatiques, d'épuisement des sources d'énergie (pétrole, gaz, charbon, uranium) ou tout simplement économiques.

Cette réalité ne dit pourtant pas tout sur la consommation d'énergie. D'une part, il y a la consommation directe d'énergie, que l'on peut facilement quantifier à l'aide de compteurs (gaz, mazout, électricité, carburant...) et pour lesquels on reçoit une facture. D'autre part, il y a ce que l'on appelle couramment l'énergie « grise » : l'énergie nécessaire à la fabrication, au transport et à l'élimination des matériaux.

Le calcul de cette énergie grise prend en compte l'analyse du cycle complet de vie du produit : conception, extraction et transport des matières premières, transformation des matières et fabrication du produit, commercialisation, usage et mise en œuvre et enfin, son recyclage éventuel. On calcule ainsi la somme des énergies nécessaires de la conception au recyclage d'un matériau.

À ce jour, peu de constructeurs tiennent compte de ce facteur. Il est pourtant décisif dans la consommation énergétique globale nécessaire à la construction et l'habitation. La partie « grise » de l'énergie totale consommée par un bâtiment peut représenter 50 % sur 40 ans !

Source : <http://www.ecoconso.be/L-energie-grise-des-materiaux-de>

La réflexion environnementale autour des économies d'énergie introduit la notion d'« énergie grise ».

24 - Définir ce qu'on appelle « l'énergie grise » d'un matériau.

On estime « l'énergie grise » du PVC à $5,9 \cdot 10^3$ MJ·mol⁻¹.

25 - Déterminer « l'énergie grise » en kWh par m³ du PVC utilisé sur le sol du gymnase.

Le tableau ci-dessous fournit des données sur les « énergies grises » estimées de quelques matériaux.

Matériau	Énergie grise (kWh·m ⁻³)
Polyéthylène	28 000 à 32 000
PVC	21 000 à 27 000
Mousse polyuréthane	1 000
Bois (parquet)	50 à 1 000

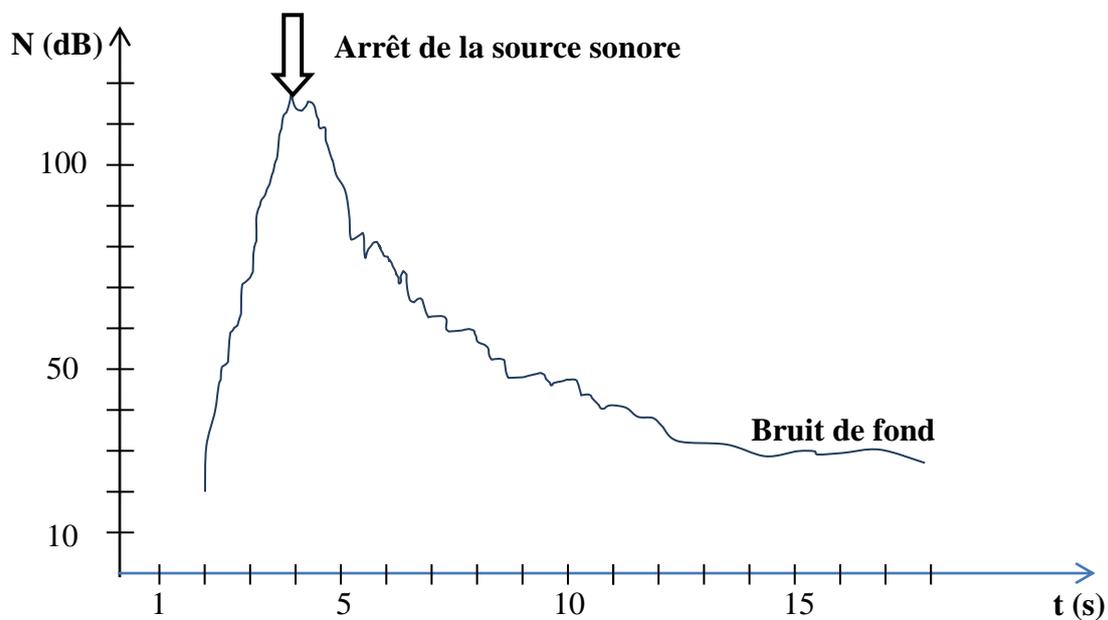
26 - En comparant les données du tableau, commenter, selon ce critère, le choix d'un revêtement de sol à base de polymères par rapport à un parquet en bois utilisé également dans certains gymnases.

27 - Citer deux avantages des revêtements de sol à base de polymères par rapport au parquet en bois qui expliquent leur utilisation dans certains gymnases.

BTS BÂTIMENT	Sujet	Session 2022
Épreuve U32 - Sciences Physiques Appliquées	durée : 2 heures	coefficient : 2
Code : 22BTE3SC		page 8 sur 9

Document réponse (à rendre avec la copie)

Question B.12



BTS BÂTIMENT	Sujet	Session 2022
Épreuve U32 - Sciences Physiques Appliquées	durée : 2 heures	coefficient : 2
Code : 22BTE3SC		page 9 sur 9