

# ***Brevet de technicien supérieur***

## **Bâtiment**

### **Épreuve E32**

### **Sciences physiques appliquées**

**Session 2024**

**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 6 pages numérotées de 1/6 à 6/6.  
Dès remise du sujet, vérifier que celui-ci est complet.

BTS Bâtiment	Sujet	Session 2024
Épreuve U32 – Sciences Physiques Appliquées	durée : 2 heures	Coefficient : 2
Code : 24-BTE3SC		page 1/6

# RENOVATION D'UNE SALLE POLYVALENTE

La mairie d'un village souhaite améliorer les performances énergétiques d'une salle polyvalente construite dans les années 2000.



*Image Google Maps*

Pour cela, elle souhaite améliorer :

- l'isolation thermique en renforçant l'isolation thermique par l'intérieur (ITI) ;
- la production d'eau chaude sanitaire (ECS).

Ce sujet propose l'étude de ces deux points en période hivernale.

Ce sujet comporte 3 parties indépendantes :

- Partie A : l'étude thermique ;
- Partie B : le chauffe-eau ;
- Partie C : la protection du ballon d'eau chaude contre la corrosion.

## **Partie A : Étude thermique (7,5 points)**

On s'intéresse aux déperditions thermiques de cette salle avec l'extérieur durant une période hivernale à travers les parois verticales, le plancher et le plafond. Quand la salle est occupée, la température intérieure doit être de  $\theta_i = 19 \text{ °C}$ .

La température extérieure est  $\theta_e = - 5 \text{ °C}$ .

Les dimensions intérieures de la salle polyvalente, considérée comme un parallélépipède rectangle, sont :

- longueur :  $L = 15,7 \text{ m}$  ;
- largeur :  $\ell = 9,6 \text{ m}$  ;
- hauteur :  $h = 2,9 \text{ m}$ .

BTS Bâtiment	Sujet	Session 2024
Épreuve U32 – Sciences Physiques Appliquées	durée : 2 heures	Coefficient : 2
Code : 24-BTE3SC		page 2/6

- 1 - Citer les 3 modes de transfert thermique prenant place dans cette installation.
- 2 - Calculer la surface totale des murs, vitrages inclus.

**Données techniques :**

Matériaux	Épaisseur	Conductivité thermique	Résistance thermique pour 1 m <sup>2</sup>
Enduit extérieur	$e_1 = 2,0 \text{ cm}$	$\lambda_1 = 1,1 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$	$R_1$
Béton aggloméré creux	$e_2 = 20 \text{ cm}$	$\lambda_2$	$R_2 = 0,23 \text{ m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$
Plaque de polystyrène moulée en continu	$e_3 = 9,0 \text{ cm}$	$\lambda_3 = 0,042 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$	$R_3$
Plaque de plâtre intérieur	$e_4 = 1,0 \text{ cm}$	$\lambda_4 = 0,25 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$	$R_4$

Pour les parois, il faut tenir compte de la convection et prendre en compte les résistances thermiques superficielles intérieure  $R_{si}$  et extérieure  $R_{se}$  suivantes :

$$R_{si} + R_{se} = 0,17 \text{ m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1} \text{ pour } 1 \text{ m}^2.$$

- 3 - À l'aide des données techniques et en tenant compte de la convection, montrer que la valeur de la résistance thermique pour 1 m<sup>2</sup> des murs (sans vitrage) constitués d'une superposition de 4 matériaux : enduit, béton, plaque de polystyrène, plaque de plâtre, est proche de :  $R_m = 2,6 \text{ m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$ .

On donne ci-dessous les caractéristiques des parois de la salle polyvalente.

Paroi	Température intérieure $\theta_i$ (°C)	Température extérieure $\theta_e$ (°C)	Résistance thermique pour 1 m <sup>2</sup> $R$ (m <sup>2</sup> ·K·W <sup>-1</sup> )	Flux thermique surfacique $\varphi$ (W·m <sup>-2</sup> )	Surface $S$ (m <sup>2</sup> )	Dépense thermique $\phi$ (kW)
Plancher	19	2,0	2,2	$\varphi_p$	$S_p$	$\phi_p$
Plafond	19	- 5,0	4,8	5,0	$S_p$	0,75
Murs sans vitrage	19	- 5,0	2,6	$\varphi_m$	$S_m$	$\phi_m$
Vitrages (dont portes)	19	- 5,0	0,40	60	28	1,7
						TOTAL 4,7 kW

BTS Bâtiment	Sujet	Session 2024
Épreuve U32 – Sciences Physiques Appliquées	durée : 2 heures	Coefficient : 2
Code : 24-BTE3SC	page 3/6	

- 4** - En utilisant les données précédentes, montrer que :
- La valeur du flux thermique surfacique qui traverse le plancher est proche de  $\phi_p = 7,7 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$  ;
  - La valeur du flux thermique surfacique qui traverse les murs (sans vitrage) est proche de  $\phi_m = 9,2 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ .
- 5** - Calculer les valeurs des déperditions thermiques :
- $\phi_p$  à travers le plancher ;
  - $\phi_m$  à travers les murs (hors vitrages dont portes).
- 6** - À partir du tableau des caractéristiques des parois de la salle polyvalente, déterminer la paroi responsable des déperditions thermiques les plus importantes.

Un être humain rayonne une puissance thermique de l'ordre de 90 watts. La mairie a fait installer 3 convecteurs électriques de 1,5 kW chacun.

- 7** - Déterminer combien de personnes présentes dans la salle suffisent pour assurer le confort thermique. Argumenter votre réponse.

Pour des raisons pratiques et économiques, et pour être en accord avec la réglementation environnementale RE 2020, la mairie étudie la solution visant à renforcer l'isolation intérieure des murs.

La RE 2020 impose une résistance thermique minimale des cloisons opaques en contact avec l'extérieur  $R_{min} = 6,0 \text{ m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$  pour  $1 \text{ m}^2$ .

- 8** – Déterminer la valeur de l'épaisseur minimale  $e_{min}$  des plaques de polystyrène moulées qu'il faudra poser sur les murs sans vitrage en plus des 9 cm existants.

**Partie B : Le chauffe-eau (4,5 points)**

La production d'eau chaude sanitaire (ECS) de la salle polyvalente était assurée par un chauffe-eau électrique à effet Joule. La mairie envisage de le remplacer et fait réaliser une étude de différents modèles. Un modèle particulier a retenu l'attention de la mairie : le chauffe-eau thermodynamique (CET).

Lorsque la salle polyvalente est occupée pendant une journée, on estime la consommation moyenne d'eau chaude à 100 L.

Le chauffe-eau à effet Joule consomme une puissance électrique  $P_{elec} = 2\,200 \text{ W}$ .

**Données**

- capacité thermique massique de l'eau :  $c_{eau} = 4\,185 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  ;
- masse volumique de l'eau à 25 °C :  $\rho_{eau} = 1\,000 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  ;
- conversion :  $1 \text{ Wh} = 3\,600 \text{ J}$ .

BTS Bâtiment	Sujet	Session 2024
Épreuve U32 – Sciences Physiques Appliquées	durée : 2 heures	Coefficient : 2
Code : 24-BTE3SC		page 4/6

- 9 - Montrer que la valeur de l'énergie  $Q$  nécessaire pour chauffer quotidiennement 100 L d'eau de 17 °C à 45 °C est d'environ  $1,2 \times 10^7$  joules. Exprimer ce résultat en kWh.

Le rendement énergétique du chauffe-eau à effet Joule est de 88 %.

- 10 - Déterminer la valeur de l'énergie électrique  $E$  en kWh consommée par le chauffe-eau à effet Joule pendant une journée.
- 11 – Déterminer la valeur de la durée  $\Delta t$  de chauffage de l'eau du ballon pour assurer la montée en température de 100 L d'eau de 17 °C à 45 °C.

Le chauffe-eau est prévu pour fonctionner pendant les heures creuses du fournisseur d'énergie, c'est-à-dire pendant la nuit. Durant cette période, le tarif de l'électricité est 20 % moins cher que le tarif normal qui est de 0,15 € le kWh.

- 12 - Montrer que le coût journalier d'électricité pour le fonctionnement du chauffe-eau est d'environ 0,44 €.

Le coût journalier d'électricité d'un chauffe-eau thermodynamique (CET) pour assurer les mêmes fonctions serait de 0,12 €. Le fabricant a indiqué sur sa plaquette publicitaire, que l'utilisation d'un chauffe-eau thermodynamique permet de réaliser environ 75 % d'économie par rapport à un chauffe-eau traditionnel.

- 13 - Vérifier par un calcul que cette publicité est fiable.

### Partie C : Protection du ballon d'eau chaude contre la corrosion (8 points)

L'ancien ballon du chauffe-eau avait été installé en 2002. Aucune maintenance n'a été réalisée sur le ballon depuis son installation.

La protection du ballon contre la corrosion était assurée par une anode anticorrosion en magnésium de symbole chimique Mg.

Quand un agent de la mairie est venu vérifier en 2017 l'état du ballon, il a constaté que l'électrode en magnésium avait complètement disparu et que des points de corrosion étaient apparus à l'intérieur de la cuve en acier.

#### Données

- masse molaire atomique du magnésium :  $M(\text{Mg}) = 24 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  ;
- masse volumique du magnésium à 25 °C :  $\rho = 1,7 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$  ;
- consommation du magnésium estimée à  $1,0 \times 10^{-2}$  mol par jour ;
- volume d'un cylindre de rayon  $r$  et de hauteur  $h$  :  $V = h \times \pi \times r^2$ .

BTS Bâtiment	Sujet	Session 2024
Épreuve U32 – Sciences Physiques Appliquées	durée : 2 heures	Coefficient : 2
Code : 24-BTE3SC		page 5/6

- 14** - Écrire la demi-équation électronique associée au couple  $\text{Mg}^{2+} (\text{aq}) / \text{Mg} (\text{s})$  dans le sens de l'oxydation. Argumenter votre réponse.
- 15** - Écrire la demi-équation électronique associée au couple  $\text{H}_2\text{O} (\text{l}) / \text{H}_2 (\text{g})$  équivalent à  $\text{H}^+ (\text{aq}) / \text{H}_2 (\text{g})$  dans le sens de la réduction. Argumenter votre réponse.
- 16** - Établir l'équation chimique de la réaction d'oxydoréduction modélisant la transformation prenant place entre le magnésium et l'eau.
- 17** - Expliquer pourquoi l'électrode de magnésium peut être qualifiée d'électrode sacrificielle.

À l'origine, l'électrode neuve de magnésium était un cylindre de diamètre  $d = 33 \text{ mm}$  et de hauteur  $h = 600 \text{ mm}$ .

- 18** - Déterminer la valeur de la masse  $m$  d'une électrode neuve en magnésium.
- 19** - Montrer que la quantité de matière de magnésium contenue dans une électrode neuve est environ  $n = 36 \text{ mol}$ .
- 20** - Justifier le fait qu'en 2017, l'électrode de magnésium avait complètement disparu.

Le fabricant préconise de changer l'électrode quand 80 % de sa masse a disparu.

- 21** - Déterminer l'année où l'électrode de magnésium aurait dû être remplacée.

BTS Bâtiment	Sujet	Session 2024
Épreuve U32 – Sciences Physiques Appliquées	durée : 2 heures	Coefficient : 2
Code : 24-BTE3SC		page 6/6