

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

BÂTIMENT

EPREUVE : SCIENCES PHYSIQUES

Durée : 2 heures

Coefficient : 2

La calculatrice (conforme à la circulaire n° 99-186 du 16-11-99) est autorisée.

La clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviendront dans l'appréciation des copies

IMPORTANT

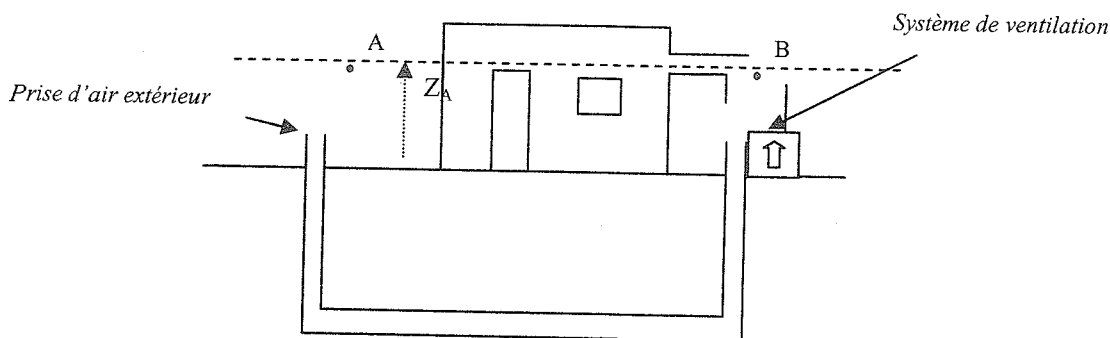
Ce sujet comporte pages numérotées de 1/5 à 5/5.
Assurez-vous qu'il est complet ; s'il est incomplet, veuillez le signaler au surveillant de la salle qui vous en remettra un autre exemplaire.

BTS BATIMENT	SUJET	Session 2011
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : BTE3SC11		Page 1 sur 5

Qu'est-ce qu'un puits canadien ?

Un puits canadien est un dispositif qui permet de tempérer, à moindre coût, l'air de ventilation d'une maison. Il s'agit d'une simple canalisation enterrée dans le sous-sol. On utilise le fait qu'à une profondeur d'environ 2 mètres sous terre, la température est presque constante toute l'année (environ 13°C sous nos latitudes).

Un système de ventilation permet à l'air extérieur de pénétrer et de circuler dans la canalisation : l'été, l'air ventilé dans la maison est rafraîchi, l'hiver, l'air est préchauffé. Une fois installé, le seul coût provient de l'alimentation électrique du système de ventilation. Ce coût est négligeable par rapport au gain thermique.



On cherche à évaluer l'intérêt d'un puits canadien. Pour cela, on construit une petite maison d'essai en laboratoire.

I. Transfert thermique et calorimétrie (11 points)

I.1. 1^{ère} partie : étude sans le puits canadien

On cherche à mesurer le gain énergétique (et donc financier) apporté par le puits canadien, pendant la période hivernale de chauffage, qui dure environ 6 mois.

Les dimensions de la maison d'essai à toit plat sont :

Longueur $a = 5,00 \text{ m}$; largeur $b = 3,00 \text{ m}$; hauteur $h = 2,30 \text{ m}$

De l'intérieur, vers l'extérieur, les murs et le toit plat sont constitués des matériaux suivants :

- Plâtre d'épaisseur $e_1 = 1,00 \text{ cm}$ et de conductivité thermique $\lambda_1 = 0,550 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$.
- Isolant d'épaisseur $e_2 = 6,00 \text{ cm}$ et de conductivité thermique $\lambda_2 = 0,0450 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$.
- Béton d'épaisseur $e_3 = 15,0 \text{ cm}$ et de conductivité thermique $\lambda_3 = 1,80 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$.

BTS BATIMENT	SUJET	Session 2011
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : BTE3SC11		Page 2 sur 5

Les résistances thermiques superficielles internes et externes des murs et du toit ont pour valeur :

$$r_{si} = 0,130 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1} \text{ et } r_{se} = 0,0500 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}.$$

Sur les murs, il y a une porte ($0,900 \text{ m} \times 2,10 \text{ m}$) et deux fenêtres ($1,00 \text{ m} \times 1,10 \text{ m}$), dont une est à l'arrière de la maison (non visible sur le schéma).

Ces trois ouvertures sont constituées d'un double vitrage dont la résistance thermique surfacique globale est $r_v = 0,170 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ (conduction et convection).

En période hivernale, la température intérieure souhaitée est $\theta_i = 20,0^\circ\text{C}$ et la température extérieure moyenne est $\theta_e = 3,00^\circ\text{C}$.

Dans cet exercice, on néglige les pertes thermiques intervenant par le sol.

I.1.1. Donner l'expression littérale de la résistance thermique surfacique r_1 des murs ou du toit plat. Calculer sa valeur.

I.1.2. Donner l'expression littérale du flux surfacique ϕ_1 , à travers les murs ou le toit. Calculer sa valeur.

I.1.3. Calculer la valeur du flux thermique Φ_1 , à travers l'ensemble « murs + toit plat ».

I.1.4. Calculer la valeur du flux thermique Φ_2 , à travers l'ensemble « porte + fenêtre ».

I.1.5. Montrer que la valeur de la puissance P des appareils de chauffage qui permet de compenser les pertes thermiques et de maintenir ainsi la température intérieure égale à $20,0^\circ\text{C}$ est d'environ 910 W .

I.1.6. Déterminer, en joules, la valeur de l'énergie E utilisée par les appareils de chauffage en une journée.

I.2. 2^{ème} partie : étude avec le puits canadien

On met en marche le système de ventilation. L'air entre dans le puits canadien à la température de $\theta_1 = 3,00^\circ\text{C}$. En circulant dans la canalisation enterrée, il se réchauffe et arrive à l'intérieur de la pièce à une température de $\theta_2 = 11,0^\circ\text{C}$.

I.2.1. Pour obtenir une bonne aération, on veut renouveler l'air de la pièce toutes les heures. Montrer que la masse d'air qui doit circuler dans la canalisation en une journée est environ égale à 1080 kg . (On donne la masse volumique de l'air : $\rho_{\text{air}} = 1,30 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$).

I.2.2. Montrer que l'énergie thermique (ou chaleur) transférée à cette masse d'air lorsqu'elle passe de $3,00^\circ\text{C}$ à $11,0^\circ\text{C}$ dans la canalisation du puits canadien est d'environ $8,60 \times 10^6 \text{ J}$.

On donne la capacité thermique massique de l'air : $C_{\text{air}} = 1,00 \times 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

BTS BATIMENT	SUJET	Session 2011
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : BTE3SC11		Page 3 sur 5

I.2.3. Comparer l'énergie calculée à la question I.1.6. et celle donnée à la question précédente. Le puits canadien apporte-t-il un gain énergétique significatif ? Justifier la réponse.

I.2.4. Le kW.h est facturé par le fournisseur d'électricité à un prix de 0,115 euros. Justifier l'affirmation suivante : « Le puits canadien permet d'économiser environ 50 euros, pour notre petite maison d'essai, au cours d'une période de 6 mois (1 mois correspond à 30 jours) de chauffage ».

II. Mécanique des fluides (3 points)

II.1. L'air de la petite maison d'essai doit être renouvelé toutes les heures. Montrer que le débit volumique q_v de l'air circulant dans la canalisation est égal à $9,60 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

II.2. Le diamètre de la canalisation enterrée est $d = 20,0 \text{ cm}$. Montrer que la vitesse de l'air dans la canalisation est égale à $0,305 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

II.3. En faisant les simplifications qui s'imposent, appliquer l'équation de Bernoulli généralisée entre les points A et B de la maison d'essais ($Z_A = Z_B$). En déduire que la puissance du système de ventilation doit être légèrement inférieure à 1 W.

II.4. Déterminer la valeur de l'énergie électrique E_{elec} consommée en une journée par le système de ventilation puis comparer cette valeur E_{elec} à l'énergie thermique Q apportée par le puits canadien en une journée (question I.2.2. de l'exercice I).

L' **affirmation à justifier dans la question I.2.4.** est-elle confirmée ?

Données :

Pression atmosphérique $P_{\text{atm}} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

Pression de l'air au point A : $P_A = P_{\text{atm}}$

Pression de l'air au point B : $P_B = 1,001 \times P_{\text{atm}}$

Vitesse de l'air au point A : $v_A = 0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Intensité de la pesanteur : $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

Masse volumique de l'air : $\rho_{\text{air}} = 1,30 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

On rappelle l'équation de Bernoulli généralisée :

$$\frac{1}{2} \rho (v_B^2 - v_A^2) + \rho g (z_B - z_A) + (P_B - P_A) = \frac{P}{q_v}$$

BTS BATIMENT	SUJET	Session 2011
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : BTE3SC11		Page 4 sur 5

III. Chimie organique et oxydoréduction (6 points)

Il y a plusieurs possibilités quant au choix du matériau constituant le tuyau enterré dans lequel s'effectuent les échanges thermiques. Il est courant d'utiliser des matières plastiques (polyéthylène (PE) ou polychlorure de vinyle (PVC)) ou des tuyaux en fonte.

III.1. Comment appelle-t-on les matières plastiques de type PE ou PVC ?

III.2. Le PVC a pour formule chimique $(-CH_2 - CHCl -)_n$.

Donner la formule chimique de la molécule à partir de laquelle il a été synthétisé.

III.3. Donner le nom de l'indice n utilisé ci-dessus. A quoi correspond-t-il ?

Les propriétés mécaniques et la conductivité thermique des tuyaux en fonte sont bien meilleures que celles des tuyaux en plastique. Ils sont, par contre, sujets à la corrosion du fer contenu dans la fonte. En effet, le dioxygène contenu dans le sol, peut oxyder le métal fer. Afin d'éviter ce phénomène, on peut, par exemple, recouvrir la fonte par du zinc (Galvanisation) : c'est alors le zinc qui est corrodé. L'intensité du courant électrique résultant de ce phénomène de corrosion du zinc est estimée à 15 mA.

III.4. Justifier, grâce aux données, qu'une galvanisation du fer peut protéger celui-ci.

III.5. Ecrire les deux demi-équations d'oxydoréduction intervenant lors de la corrosion du zinc, les deux couples mis en jeu étant: Zn^{2+}/Zn et O_2/H_2O .

En déduire l'équation de la réaction de corrosion.

III.6. Déterminer la quantité Q d'électricité mise en jeu sur une période de corrosion de vingt ans. En déduire la quantité de matière d'électrons échangée.

III.7. Calculer la quantité de matière, puis la masse de Zinc consommée lors de cette protection du fer pendant 20 ans.

Données :

Potentiel standard d'oxydoréduction à 25 °C:

$E^\circ(Zn^{2+}/Zn) = -0,76 \text{ V}$; $E^\circ(Fe^{2+}/Fe) = -0,44 \text{ V}$; $E^\circ(O_2/H_2O) = 1,23 \text{ V}$

Masse molaire : $M(Zn) = 65,4 \text{ g.mol}^{-1}$.

1 Faraday = 96 500C (quantité d'électricité transportée par une mole d'électrons)

$Q = I.t$

BTS BATIMENT	SUJET	Session 2011
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : BTE3SC11		Page 5 sur 5