

LA RENOVATION D'UN VIEUX BATIMENT ISOLE

L'usage de la calculatrice est autorisé.

On se propose d'étudier quelques phénomènes physiques associés à la rénovation d'une vieille bâtisse isolée. Cette étude concernera successivement :

- le système d'alimentation en eau chaude par capteurs solaires et de production d'électricité ;
- l'isolation thermique des murs en pierre ;
- la fabrication de l'isolant utilisé pour les murs ;
- la corrosion de la toiture en tôles.

Les quatre parties (1., 2., 3. et 4.) sont indépendantes et peuvent donc être traitées dans un ordre indifférent.

1. CAPTEURS SOLAIRES (4,5 points)

1.1. Sachant que le logement a des besoins de 150 L d'eau par jour, chauffée de 15 °C à 60 °C, calculer l'énergie thermique annuelle nécessaire pour réaliser le chauffage. Exprimer le résultat en unités du système international et en kW.h.

1.2. En tenant compte des paramètres géographiques et météorologiques, on estime que la quantité d'énergie solaire *annuelle* reçue par une surface de 1 m² orientée sud et inclinée à 45° sur l'horizontale est de 2200 kW.h. Pour l'alimentation en eau chaude du bâtiment, on utilise des capteurs solaires à circulation d'eau. Quelle surface minimum de capteur faut-il prévoir, sachant que le rendement de ce type de capteur est de 80 % ?

1.3. En plein soleil, la température d'équilibre du capteur est de 70 °C. Déterminer le flux énergétique solaire reçu en admettant que ce capteur se comporte comme un corps noir.

1.4. Pour effectuer l'alimentation électrique de la maison (éclairage, appareils électroménagers...), on envisage d'utiliser un autre type de capteurs solaires. Proposer une solution (2 à 3 lignes maximum) sachant que l'alimentation électrique doit aussi être obtenue de nuit. Aucun calcul n'est demandé pour cette question.

Données :

- Capacité thermique massique de l'eau : $c_e = 4185 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$
- Constante de Stefan : $\sigma = 5,67.10^{-8} \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-4}$
- Conversion d'unité : $1 \text{ W.h} = 3600 \text{ J}$
- Masse volumique de l'eau : $\rho = 1000 \text{ kg.m}^{-3}$
- Une année : 365 jours

2. ISOLATION THERMIQUE DES MURS (5,5 points)

Les murs de la maison sont en pierre et ont une épaisseur $e_p = 30 \text{ cm}$. On considérera comme acceptable une perte de flux thermique surfacique $\phi_m = 18 \text{ W.m}^{-2}$ lorsque l'écart de température entre l'extérieur et l'intérieur est $\Delta\theta = 25 \text{ °C}$.

2.1. Déterminer la résistance thermique surfacique de ce mur. Montrer alors qu'on ne peut pas se contenter de la simple isolation due aux murs en pierre.

2.2. On se propose de coller sur les murs, côté intérieur, des plaques composites: placo-plâtre (épaisseur $e_{pl} = 1 \text{ cm}$) + polystyrène expansé (épaisseur e_{ps}). Etablir l'expression littérale de la résistance thermique surfacique R_m du mur isolé.

2.3. En déduire l'expression de l'épaisseur minimum e_{ps} que doit avoir le polystyrène expansé pour réaliser l'isolation thermique souhaitée. Calculer numériquement e_{ps} .

2.4. On utilise un double vitrage pour les ouvertures (portes et fenêtres). Sachant que le coefficient de déperdition thermique par transmission pour ce type de vitrage est $U = 2,5 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$, exprimer puis calculer le flux surfacique ϕ_o perdu par ces ouvertures pour l'écart de température $\Delta\theta$ indiqué.

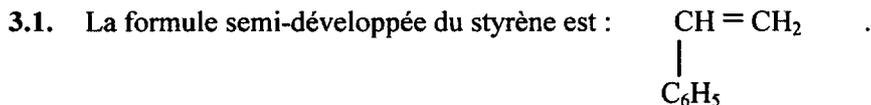
2.5. Calculer le flux énergétique total Φ (en W) perdu par l'ensemble : [murs (isolés) + ouvertures] sachant que la surface totale des murs recouverts d'isolant est : $S_m = 80 \text{ m}^2$ et celle des ouvertures : $S_o = 10 \text{ m}^2$.

Données :

- Résistances thermiques surfaciques superficielles (intérieure et extérieure) :
 $r_i = 0,13 \text{ m}^2.\text{K.W}^{-1}$ $r_e = 0,04 \text{ m}^2.\text{K.W}^{-1}$
- Conductivité thermique de la pierre : $\lambda_p = 1,5 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$
- Conductivité thermique du polystyrène : $\lambda_{ps} = 0,04 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$
- Conductivité thermique du placo-plâtre : $\lambda_{pl} = 0,35 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$

3. POLYSTYRENE EXPANSE (4,5 points)

Le polystyrène est obtenu à partir du styrène. On lui injecte alors un gaz inerte pour obtenir le produit de faible densité appelé polystyrène expansé.



Donner la formule brute du styrène et calculer sa masse molaire.

3.2. En appelant n le degré de polymérisation et en utilisant les formules semi-développées, écrire l'équation-bilan de la réaction conduisant du styrène au polystyrène. De quel type de polymérisation s'agit-il ?

3.3. Pour effectuer industriellement la polymérisation du styrène, on utilise un initiateur et un catalyseur. Préciser le rôle de chacun de ces produits.

3.4. a) Le polystyrène expansé d'épaisseur : $e_{ps} = 40$ mm est collé sur les plaques de placo-plâtre utilisées pour isoler les murs de la maison, de surface totale: $S_m = 80$ m². Calculer le volume puis la masse des plaques de polystyrène expansé utilisé.

b) Sachant que le polystyrène expansé contient 10 % en masse de gaz inerte et que le rendement de la réaction de polymérisation est de 80 %, déterminer la masse de monomère (styrène) nécessaire pour réaliser l'isolation de ces murs.

Données :

- Masses molaires atomiques : $M(C) = 12,0 \text{ g.mol}^{-1}$ $M(H) = 1,0 \text{ g.mol}^{-1}$
- Masse volumique du polystyrène expansé : $\rho = 15 \text{ kg.m}^{-3}$

4. TOITURE (5,5 points)

On se propose d'étudier les phénomènes de corrosion associés à une toiture métallique.

4.1. Le toit de la bâtisse est constitué de tôles de fer galvanisé. Que signifie l'expression : fer galvanisé ?

4.2. On supposera dans un premier temps que les tôles sont en fer brut.

4.2. 1 Quels peuvent être les agents oxydants de ces plaques en fer ? Écrire la demi-équation d'oxydation du fer en ion fer (II) correspondante.

4.2. 2 On fixe sur une tôle un plot de zinc pur de masse $m_{Zn} = 100$ g. En supposant l'ensemble placé dans un milieu humide, indiquer les polarités de la pile électrochimique ainsi formée et écrire la demi-équation d'oxydation observée lorsque cette pile fonctionne. Le fer est-il protégé ? Si oui, de quel type de protection s'agit-il ?

4.2. 3 Sachant que le courant de corrosion de cette pile est $i = 2$ mA, combien de temps faudrait-il théoriquement pour que le plot de zinc disparaisse complètement ? Exprimer le résultat en années.

4.3. En fait les tôles sont entièrement recouvertes d'une mince couche de zinc.

4.3. 1 Indiquer pourquoi elles sont protégées.

4.3. 2 Que se passe-t-il si la couche de zinc est localement discontinue ? Justifier rapidement la réponse.

Données :

- Potentiels rédox standards : $E^0(Fe^{2+}/Fe) = -0,44 \text{ V}$ $E^0(Zn^{2+}/Zn) = -0,76 \text{ V}$
- Masse molaire atomique : $M(Zn) = 65,4 \text{ g.mol}^{-1}$
- Faraday : $F = 96500 \text{ C.mol}^{-1}$

FORMULAIRE

Calorimétrie :

$$Q = m.c. \Delta\theta$$

Transfert d'énergie :

$$\text{Loi de Stéfán : Emittance ou excitance : } M = \sigma \cdot T^4$$

$$\text{Résistance thermique surfacique d'une paroi : } R = r_i + r_e + \Sigma (e/\lambda)$$

$$\text{Flux thermique surfacique : } \phi = \Delta\theta / R = U \cdot \Delta\theta$$

Chimie :

$$i = Q / t \quad \text{et} \quad Q = n_e \cdot F, \text{ avec } n_e \text{ désignant la quantité de matière en électrons.}$$