Brevet de technicien supérieur

Bâtiment

Épreuve U32

Sciences physiques appliquées

Session 2026

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 collège », est autorisé.

Important
Dès que ce sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Ce sujet comporte 8 pages numérotées de la page 1/8 à la page 8/8.

AMÉLIORATION DE L'HABITAT

Un particulier souhaite améliorer sa résidence principale. Il s'agit d'un pavillon de plain-pied d'une surface au sol de 104 m² sur vide sanitaire.

Pour cela, il souhaite s'informer sur :

- l'isolation thermique des murs de son pavillon grâce à une isolation par l'extérieur (ITE) ;
- les performances d'une nouvelle chaudière à micro-cogénération alimentée par du gaz de ville pour la production d'eau chaude sanitaire et pour le chauffage ;
- l'installation d'une batterie couplée à la chaudière afin d'assurer son auto-consommation en électricité.

Ce sujet propose l'étude de ces différents points en trois parties indépendantes :

- partie A : isolation thermique par l'extérieur ;
- partie B : étude d'une chaudière à micro-cogénération ;
- partie C : étude de la batterie couplée à la chaudière.

Partie A : Isolation thermique par l'extérieur (8 points)

Le pavillon a été construit dans les années 80 avec les normes d'isolation thermique de l'époque. Afin de réaliser des économies d'énergie, le propriétaire a opté pour une isolation thermique par l'extérieur (ITE).

I. Étude de l'existant

Les murs extérieurs (hors vitrage et porte d'entrée) sont constitués d'une superposition de différents matériaux :

- une plaque de plâtre d'épaisseur e_1 = 13 mm de conductivité thermique λ_1 = 0,25 $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$;
- une plaque de polystyrène d'épaisseur e_2 = 9,0 cm de conductivité thermique λ_2 = 0,042 $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$;
- du béton creux d'épaisseur e_3 = 20 cm de conductivité thermique λ_3 = 0,092 $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$;
- un enduit extérieur d'épaisseur e_4 = 2,0 cm de conductivité thermique λ_4 = 1,1 $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$.

Il faudra également tenir compte du transfert thermique par convection.
La somme des résistances superficielles intérieure r_{si} et extérieure r_{se} est :

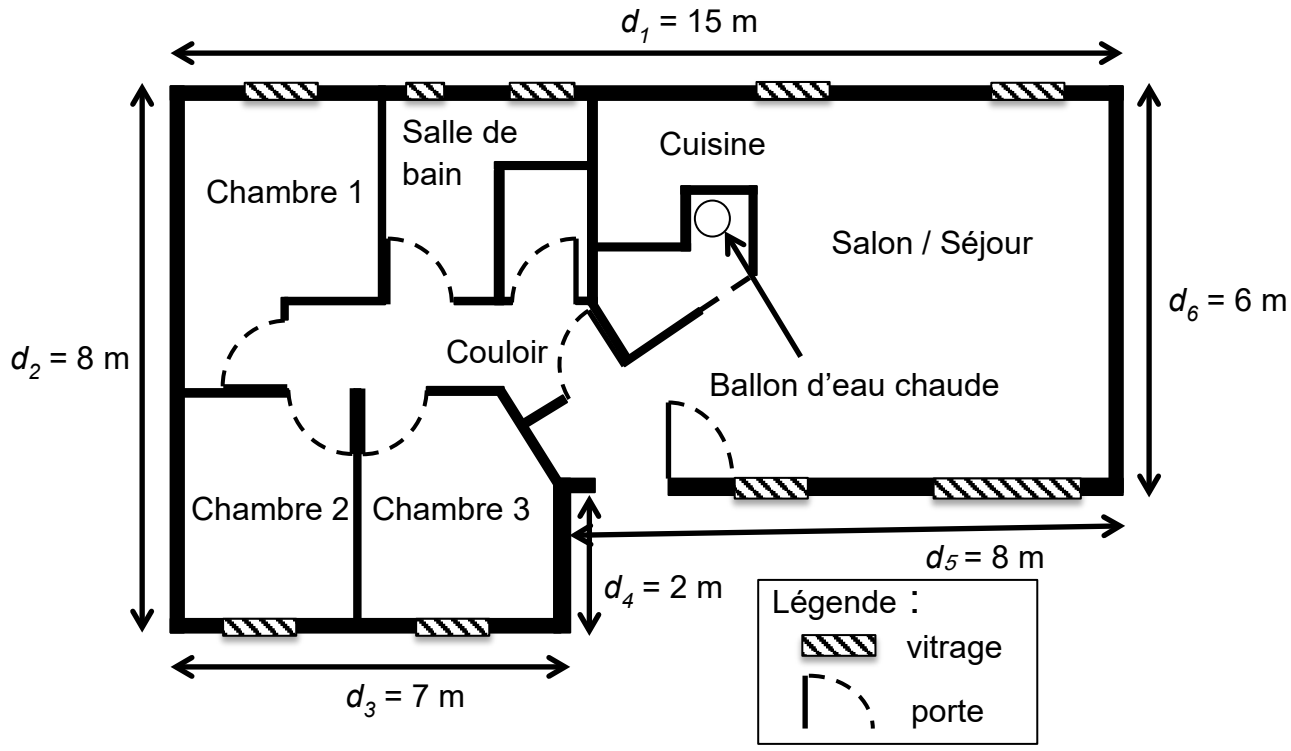
$$r_{si} + r_{se} = 0,17 \ m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$$

1 - Vérifier que la valeur de la résistance thermique R_{m1} des murs extérieurs hors vitrage est proche de : $R_{m1} = 4{,}56\ m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$

Pour une journée hivernale, les températures sont en moyenne égales à $\theta_i = 19\ °C$ pour l'intérieur et à $\theta_e = 0{,}0\ °C$ pour l'extérieur.

2 - Déterminer la valeur du flux thermique surfacique φ_m qui traverse les murs extérieurs hors vitrage durant une journée hivernale.

La hauteur h des murs est $h = 2{,}5$ m. La surface totale S_v des vitrages et de la porte d'entrée, est $S_v = 15\ m^2$.



3 - Déterminer la valeur de la surface S_m des murs extérieurs hors vitrage.

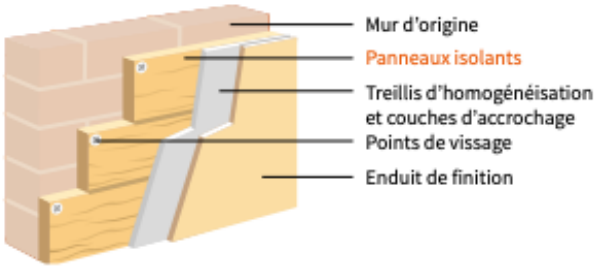
4 - En déduire la valeur de la puissance thermique perdue P_{m1} en watts à travers les murs extérieurs durant une journée hivernale.

Les autres puissances thermiques perdues P_p (plafond, plancher, vitres et porte) sont égales à $P_p = 1100$ W durant une journée hivernale.

5 - Montrer que la valeur de la puissance thermique perdue journalière totale P_{T1} du pavillon est environ égale à $P_{T1} = 1{,}5 \cdot 10^3$ W.

II. Isolation thermique par l'extérieur (ITE)

Le propriétaire souhaite aussi effectuer le ravalement de son pavillon. Une entreprise lui propose une isolation et s'engage sur une économie d'énergie de 30 % par rapport à la situation actuelle. Le procédé retenu est l'isolation par panneaux enduits et le changement des fenêtres.
L'isolation par panneaux enduits est présentée ci-dessous.



Les panneaux isolants sont fixés au mur par collage et/ou vissage.
C'est la solution la moins chère en isolation par l'extérieur.

Les panneaux enduits ont une épaisseur totale e_5 = 20 cm et une conductivité thermique moyenne λ_5 = 0,038 W·m^{-1}·K^{-1}.
La réglementation environnementale RE 2020 impose une résistance thermique des murs hors vitrage supérieure à 6 m^2·K·W^{-1}.
Les panneaux enduits sont collés sur les murs d'origine.

(extrait du site *www.ademe.fr*)

6 – Calculer la valeur de la nouvelle résistance thermique R_{m2} des murs hors vitrage. Conclure avec la RE 2020.

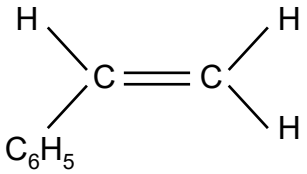
Une fois cette isolation réalisée, mais aussi celle des fenêtres par un passage au double vitrage, les déperditions thermiques totales P_{T2} du pavillon valent P_{T2} = 1,0·10^3 W.

7 - Calculer, en pourcentage, la valeur de la réduction des pertes thermiques ainsi réalisée.

8 - Discuter la valeur obtenue.

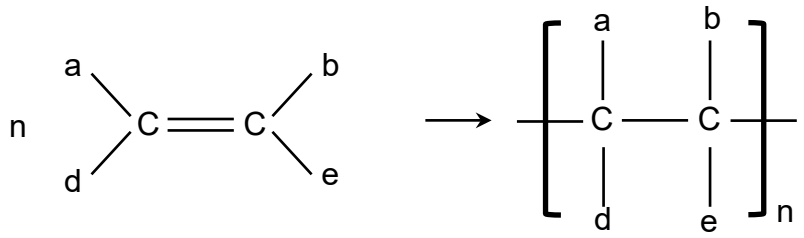
III. Les panneaux en polystyrène

Le polystyrène utilisé dans les panneaux isolants est un polymère obtenu à partir de la polymérisation du styrène de formule chimique C_8H_8.
La formule développée du styrène est :



Données

- L'équation chimique associée à la réaction modélisant la polyaddition est :



(a, b, d et e sont des atomes ou groupements d'atomes)

- L'indice de polymérisation du polystyrène est noté n.
- Masses molaires atomiques en $g \cdot mol^{-1}$:

Carbone C	Hydrogène H
12	1

- La masse molaire moléculaire M_{poly} du polystyrène utilisé dans les panneaux isolants est $M_{poly} = 1{,}5 \cdot 10^5$ $g \cdot mol^{-1}$.

9 - Calculer la valeur de la masse molaire du styrène M_{sty}.

10 - Déterminer l'indice de polymérisation n du polystyrène.

La polymérisation du polystyrène est une polyaddition.

11 - Écrire l'équation chimique de la réaction modélisant la polymérisation du polystyrène.

Partie B : La chaudière à micro-cogénération (7 points)

Le propriétaire souhaite remplacer son ancienne chaudière classique au gaz par une chaudière à micro-cogénération.
Ce type de chaudière associe tous les avantages de la chaudière individuelle à condensation (performance, fiabilité, faible entretien) avec une production d'électricité à domicile.

Le propriétaire cherche alors à évaluer les économies de gaz (méthane) que peut lui permettre de réaliser une chaudière à condensation par rapport à une chaudière classique.

Pour ses calculs, le propriétaire s'appuie sur un ballon d'eau chaude sanitaire contenant un volume $V = 300$ L d'eau à chauffer d'une température $\theta_1 = 14$ °C à une température $\theta_2 = 60$ °C.

Données

- masses molaires atomiques en $g \cdot mol^{-1}$:

Carbone C	Oxygène O	Hydrogène H
12	16	1

- 1 Wh = 3 600 J ;
- capacité thermique massique de l'eau : $c_{eau} = 4{,}18\times10^{3}$ J·kg^{-1}·K^{-1} ;
- masse volumique de l'eau à 25° C : $\rho_{eau} = 1\,000$ kg·m^{-3} ;
- pouvoir Calorifique Inférieur du méthane : $PCI = 5{,}0\times10^{7}$ J·kg^{-1} ;
- chaleur latente massique de vaporisation de l'eau : $L_{vap} = 2{,}3\times10^{6}$ J·kg^{-1} .

I. Chaudière classique

12 - Calculer l'énergie nécessaire Q_e au chauffage de V = 300 L d'eau.

Le rendement de la chaudière est η = 90 %.

13 - Calculer l'énergie Q_m que doit libérer la combustion du méthane pour le chauffage d'un ballon de 300 L.

14 - Montrer que la masse de méthane $m(CH_4)$ nécessaire pour chauffer est proche de 1,3 kg.

Le méthane a pour formule brute CH_4. Lors de sa combustion, le méthane réagit avec le dioxygène de l'air O_2 pour former du dioxyde de carbone CO_2 et de l'eau H_2O.

15 - Écrire l'équation de la réaction modélisant la combustion du méthane.

16 - Calculer les masses molaires moléculaires de l'eau $M(H_2O)$ et du méthane $M(CH_4)$.

17 - Montrer qu'au cours de la réaction modélisant la combustion du méthane, la relation entre la masse d'eau produite $m(H_2O)$ et la masse de méthane consommée $m(CH_4)$ est :

$$m(H_2O) = 2{,}25 \times m(CH_4).$$

II. Chaudière à « condensation »

18 - Citer les deux états physiques de la matière mis en jeu au cours d'une liquéfaction, sous-entendue dans l'expression « chaudière à condensation ».

Avec le « système à condensation » de la chaudière, une masse de méthane $m(CH_4)$ libère une quantité de chaleur Q_m donnée par la relation suivante :

$$m(CH_4) = \frac{Q_m}{(PCI + 2{,}25L_{vap})}$$

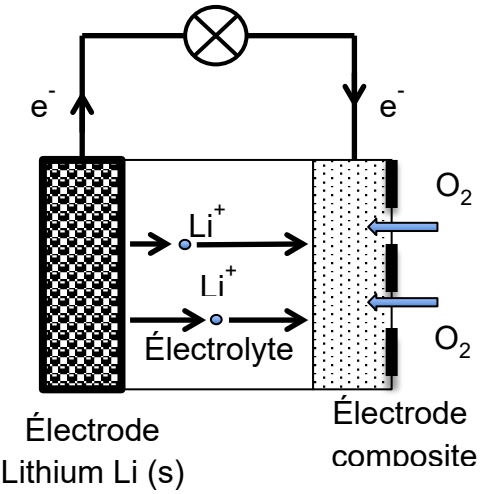
19 - Vérifier que la valeur de la masse de méthane $m(CH_4)$ permettant de produire la quantité de chaleur $Q_m = 6{,}4\times10^{7}$ J avec le système à condensation est environ 1,2 kg.

20 - Argumenter sur l'intérêt d'utiliser une chaudière à condensation par rapport à une chaudière classique.

Partie C : Stockage d'électricité dans des batteries au lithium (5 points)

Associée à des batteries, la chaudière à micro-cogénération permet une autoconsommation de l'électricité produite et donc de se passer d'un fournisseur d'électricité. Les batteries utilisées actuellement sont des batteries au plomb. Elles seront bientôt remplacées par des batteries au lithium.
On se propose d'étudier la décharge d'une batterie lithium-air (en cours de développement actuellement) dont le schéma est donné ci-dessous.

Décharge d'une batterie lithium-air dans une lampe



L'anode est constituée de lithium métallique de symbole chimique Li. Au cours de la décharge de la batterie, le lithium s'oxyde.

21 – Écrire et ajuster la demi-équation électronique de l'oxydation du lithium Li en ions Li^+.

La cathode est poreuse à l'air. Elle est constituée d'un matériau composite.
L'équation de la réaction électrochimique modélisant la transformation prenant place à la cathode est la suivante :

$$\ldots Li^+ (aq) + \ldots e^- + \ldots O_2 (g) = \ldots Li_2O_2 (s)$$

22 - Recopier et ajuster cette demi-équation de réaction.

23 - Indiquer, en justifiant, si cette demi-équation de réaction électrochimique correspond à une oxydation ou à une réduction.

24 - Établir l'équation chimique de la réaction modélisant le fonctionnement de la batterie lithium-air lors de sa décharge.

25 - Expliquer pourquoi la cathode doit être poreuse à l'air.

Certaines batteries sont associées à un fusible de protection.

26 - Expliquer le rôle d'un fusible dans un circuit électrique.

27 - Expliquer le rôle d'un disjoncteur différentiel dans une installation électrique.

Quelques accumulateurs

Type d'accumulateur	Énergie massique ($W \cdot h \cdot kg^{-1}$)	Force électromotrice d'une cellule (V)	Nombre de recharges	Commentaires
Plomb	30 à 50	2,1	400 à 800	Peu cher. Lourd. Électrolyte acide. Pollution au plomb.
Nickel-cadmium (Ni-Cd)	45 à 80	1,2	$>$ 500	Peu cher. Robuste, fort courant de décharge. Faible autodécharge. Pollution au cadmium.
Nickel-métal hydrure (Ni-MH)	60 à 110	1,2	$>$ 500	Bon recyclage. Charge délicate. Autodécharge $>$ 30 % par mois.
Lithium-ion	100 à 200	3,6	500 à 1000	Bonne gestion du niveau de charge. Certains sont peu onéreux et peu polluants. Risques d'explosion sur certains types.
Lithium-air	1500 à 2500	3,4	inconnu	Faible autodécharge. Charge rapide. Grande capacité de stockage. Matériaux peu onéreux et peu polluants.

28 - Expliquer l'intérêt d'utiliser des accumulateurs autres que ceux au plomb.