

Exercice 7 (D'après bac STL SPCL Métropole Juin 2015)

Les bâtiments à énergies positives, communément appelés BEPOS, sont des bâtiments qui produisent davantage d'énergie qu'ils n'en consomment. Depuis quelques années, l'ADEME (Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie) lance régulièrement des appels à projets dont les objectifs techniques sont principalement la maîtrise des consommations d'énergie, l'intégration d'énergies renouvelables et la diminution des émissions de gaz à effet de serre. Le conseil municipal d'une commune envisage la construction d'un BEPOS abritant un pôle de santé. L'étude du projet est confiée à une équipe constituée d'experts

Les matériaux constituant les différents éléments d'un BEPOS sont minutieusement choisis pour assurer une bonne isolation.

Le Matériau à Changement de Phase (MCP) des dalles de mortier Les plafonds et planchers seront construits avec des dalles de mortier dont les alvéoles contiennent un MCP. Les MCP très utilisés dans le bâtiment sont à base de paraffines ; le choix, qui dépend entre autres de la température de changement d'état solide-liquide et de l'enthalpie de fusion, doit se faire entre l'heptadécane $C_{17}H_{36}$ et l'octadécane $C_{18}H_{38}$. On dispose de tous les renseignements nécessaires concernant l'octadécane ; par contre, pour l'heptadécane, il faut déterminer expérimentalement la température de changement d'état solide-liquide et l'enthalpie de fusion.

1. En utilisant le document 1, expliquer brièvement pourquoi un MCP permet de limiter les besoins en chauffage

2. On détermine dans un premier temps la température de changement d'état solide-liquide de l'heptadécane.

2.1. Expliquer ce qui a lieu au niveau microscopique lors de la solidification de l'heptadécane.

2.2. En utilisant le document 2, déterminer la température de changement d'état solide-liquide de l'heptadécane.

3. L'enthalpie de fusion de l'heptadécane est déterminée expérimentalement suivant le protocole décrit dans le document 3

3.1. En exploitant les résultats du document 3, effectuer un bilan énergétique pour en déduire l'enthalpie de fusion de l'heptadécane. Vérifier que la valeur obtenue est $H_f = 2,35 \times 10^2 \text{ kJ.kg}^{-1}$.

3.2. Dans les conditions de l'expérience précédente, on admet que l'incertitude UH_f de l'enthalpie de fusion H_f est telle que :

$$\frac{UH_f}{H_f} = \frac{UE_{eau}}{E_{eau}} \text{ où } UE_{eau} = 0,4 \times 10^3 \text{ J et } E_{eau} = 3,52 \times 10^3 \text{ J.}$$

3.2.1. Citer deux sources d'erreurs possibles dans cette expérience.

3.2.2. Calculer avec un chiffre significatif l'incertitude de mesure de l'enthalpie de fusion de l'heptadécane.

3.2.3. On présente souvent un résultat de mesure sous la forme d'un intervalle encadrant la valeur exacte avec une probabilité de 95%. Les limites de l'intervalle sont :

- valeur minimale = résultat de la mesure $- 2 \times$ l'incertitude calculée ;
- valeur maximale = résultat de la mesure $+ 2 \times$ l'incertitude calculée. Calculer les valeurs encadrant la mesure de l'enthalpie de fusion.

4. Voici les renseignements trouvés pour l'octadécane, qui est l'autre matériau à changement de phase proposé par le chef de projet :

- la température de changement d'état solide-liquide : 28°C
- l'enthalpie de fusion : $H_f \text{ octadécane} = 244 \text{ kJ.kg}^{-1}$. Quel MCP conseillez-vous ? Justifier votre réponse.

Document 1 : Matériaux à changement de phase

Les Matériaux à Changement de Phase MCP (PCM Phase Change Material) ont pour particularité de pouvoir stocker de l'énergie. De l'énergie est absorbée lors du passage de l'état solide à l'état liquide et elle est restituée lors du passage inverse.[...].

On retrouve les matériaux à changement de phase dans le bâtiment principalement sous la forme de plaques où les MCP sont encapsulés. [...].

Le changement de phase a lieu, selon les matériaux (paraffine, acides gras, ...), entre 18°C et 28°C, températures correspondant aux valeurs limites respectivement fixées pour le confort d'hiver et d'été.

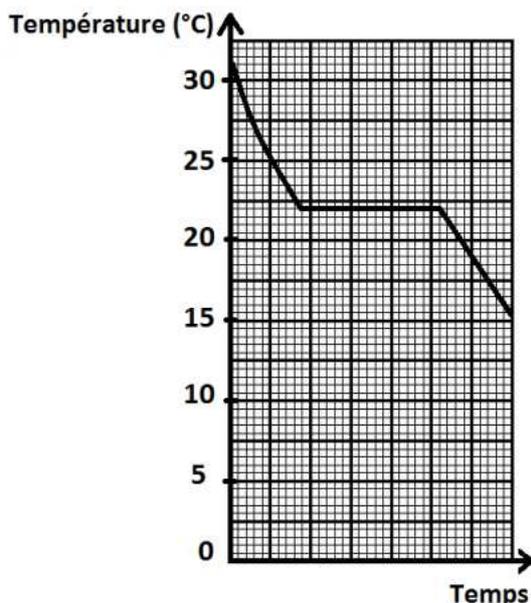
Définitions

Le passage d'un état physique de la matière à un autre est appelé changement de phase, ainsi on peut dire par exemple que la glace change de phase à 0°C et se transforme en eau.

L'enthalpie de fusion est l'énergie d'énergie nécessaire au changement de phase solide/liquide d'un matériau ; elle s'exprime en J/kg.

*D'après le dossier thématique Les matériaux à changement de phase
Chambre régionale de commerce et d'industrie Rhone-Alpes*

Document 2 : Courbe de refroidissement de l'heptadécane



Document 3 : Énergies échangées au cours d'un changement d'état de l'heptadécane

Protocole pour déterminer l'enthalpie de fusion de l'heptadécane, dans un local où la température ambiante est supérieure à 24°C.

- Porter 200 g d'eau distillée à 30°C et les verser dans un calorimètre considéré comme parfaitement isolé.
- Introduire dans l'eau une sonde de température reliée à un système d'acquisition et lancer l'acquisition des températures.
- Prélever un morceau d'heptadécane à une température inférieure à 24°C et le laisser à une température ambiante pour qu'il commence à fondre : sa température correspond alors à sa température de fusion.
- Essuyer le morceau d'heptadécane, le peser, le plonger dans l'eau et refermer rapidement le calorimètre.
- Agiter de temps en temps le contenu et suivre l'évolution de la température du mélange.

L'expérience est terminée lorsque l'heptadécane a totalement fondu.

L'exploitation du relevé de température a permis de calculer les énergies échangées lors de la fusion de 15,0 g d'heptadécane introduit dans le calorimètre :

- énergie cédée par l'eau présente dans le calorimètre : $E_{\text{eau}} = 3,52 \cdot 10^3 \text{ J}$;
- on suppose que le calorimètre ne participe pas aux échanges thermiques.