

Changements d'état et transfert thermique

TD3

🎓 Capacités exigibles

- Associer, dans le cas de l'eau, un changement d'état à l'établissement ou à la rupture de liaisons hydrogène entre molécules.
- Utiliser un diagramme d'état (P, T) pour déterminer l'état final d'un fluide lors d'une transformation physique d'un corps pur.
- Utiliser l'énergie massique de changement d'état et les capacités thermiques massiques pour calculer les énergies mises en jeu.

📌 Niveaux

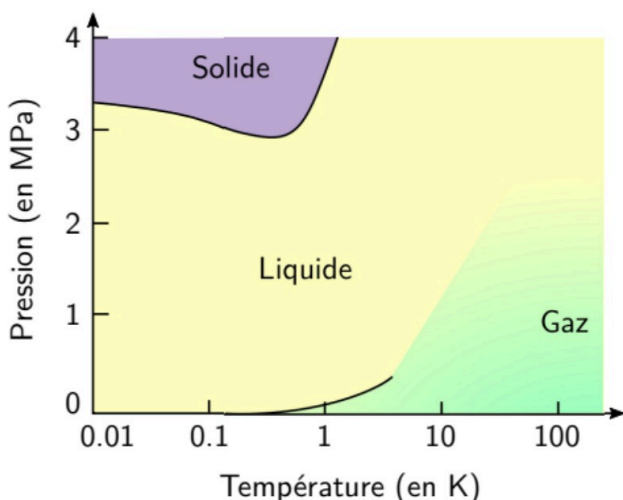
- ♥ À savoir refaire !
- 📌 Niveau découverte
- ★ Niveau apprenti
- ★★ Niveau confirmé
- ★★★ Niveau expert

Exercice 1 : Questions de cours

- Q1** Qu'appelle-t-on "conditions standards de pression et de température" ?
- Q2** Décrire l'organisation microscopique des trois états de la matière.
- Q3** Quelle est l'origine microscopique des liaisons hydrogènes dans le cas de l'eau ?
- Q4** Définir la capacité thermique massique d'un matériau. Donner son unité.
- Q5** Rappeler la relation permettant de calculer l'énergie absorbée ou libérée par un système sans changement d'état.
- Q6** Rappeler la relation permettant de calculer l'énergie absorbée ou libérée par un système lors d'un changement d'état.

Q3 Indiquer les températures particulières repérées par des pointillés sur le diagramme.

Exercice 3 : Diagrammes d'état de l'hélium 3

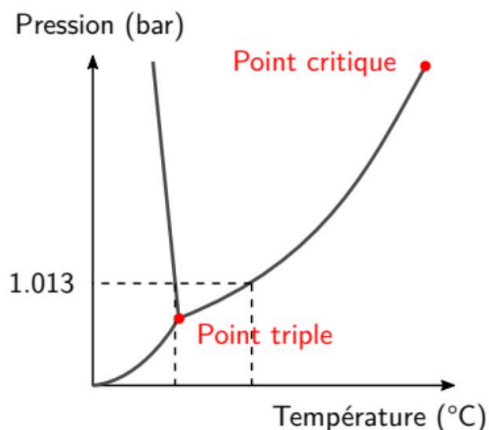


L'hélium 3 (dont le diagramme d'état est présenté précédemment) est l'un des isotopes de l'hélium. Peu présent sur Terre mais très présent sur la Lune, il est envisagé comme un potentiel combustible pour la fusion nucléaire.

- Q1** Existe-t-il un point triple pour l'hélium 3 ?
- Q2** Déterminer la courbe de changement d'état absente dans le diagramme d'état.
- Q3** À une pression de 30 bars, déterminer les états successifs de l'hélium 3 de 0.01 K à 100 K.

Exercice 2 : Diagramme d'état de l'eau

On donne ci-dessous le diagramme d'état de l'eau.



- Q1** Définir le point triple et le point critique. Rechercher leurs valeurs.
- Q2** Préciser les états ainsi que le nom des courbes sur le diagramme d'état.

Exercice 4 : Énergies massiques de vaporisation

Justifier, par une interprétation au niveau microscopique, les différentes valeurs du tableau ci-dessous :

Molécule	Méthane (CH ₄)	Éthane (C ₂ H ₆)	Eau (H ₂ O)
$L_{\text{vaporisation}}$ (en $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$)	510	489	2257

Exercice 5 : Énergie de changement d'état ★★

On souhaite transformer $m = 500 \text{ g}$ d'eau liquide en glace.

Q1 Nommer ce changement d'état puis donner la température à laquelle il se produit (pour une pression de 1 bar).

Q2 Lors de ce changement d'état, quel type de liaisons deviennent effectives ?

Q3 Calculer l'énergie nécessaire pour réaliser ce changement d'état. Discuter le signe du résultat.

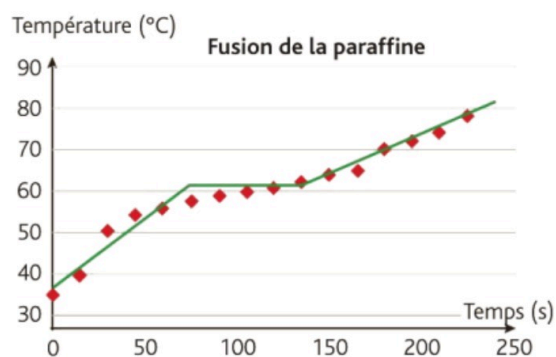
Q4 Reprendre la question précédente pour 500 g d'éthanol. Proposer une justification à l'écart des valeurs des énergies obtenues entre l'eau et l'éthanol.

Données :

- $L_{\text{solid.}}(\text{éthanol}) = -108 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$
- $L_{\text{solid.}}(\text{eau}) = -334 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$

Exercice 6 : Fusion de la paraffine ★★★

Dans le cadre d'un projet de stockage d'énergie thermique dans des matériaux innovants, un groupe d'élèves réalise une expérience avec une petite quantité de paraffine solide. Voici les résultats expérimentaux obtenus :



Q1 Repérer sur le graphique les trois parties distinctes. Leur attribuer des états.

Q2 Déterminer la température de fusion de la paraffine.

Q3 Déterminer la quantité d'énergie reçue par la paraffine dans la première partie.

Q4 En déduire la puissance de chauffe du dispositif (on supposera que l'intégralité de l'énergie thermique produite par le dispositif de chauffe est transmise à la paraffine).

Q5 Déterminer la quantité d'énergie reçue par la paraffine dans la deuxième partie.

Q6 En déduire la valeur expérimentale de L_{fusion} .

Les 8 binômes de TP ont regroupé leurs résultats dans un tableau :

Groupe	L_{fusion} (en $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$)
1	65
2	71
3	72
4	68
5	69
6	62
7	55
8	73

Q7 Déterminer la valeur moyenne et l'écart-type de cette série de mesures.

Q8 Évaluer l'incertitude-type $u(L_{\text{fusion}})$ en utilisant l'expression suivante :

$$u(L_{\text{fusion}}) = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (2)$$

avec n le nombre de mesures.

Données :

- Masse de paraffine : $m = 10 \text{ g}$;
- Capacité thermique massique de la paraffine liquide : $c_s = 2.2 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$;
- Capacité thermique massique de la paraffine solide : $c_s = 3.0 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

Exercice 7 : Patinoire refroidie à l'ammoniac ★★★

Une patinoire olympique possède une piste constituée d'une masse $m = 162 \text{ kg}$ de glace qu'il faut maintenir à une température $\theta_2 = -10.0^\circ\text{C}$. Pour réaliser cette couche de glace, l'eau est initialement sous forme liquide à une température $\theta_1 = 12.0^\circ\text{C}$. Réaliser le bilan énergétique pour la réalisation de la piste.

Données :

- Énergie massique de fusion de la glace : $L_f = 334 \times 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$;
- Capacité thermique massique de l'eau liquide : $c_l = 4.19 \times 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$;
- Capacité thermique massique de l'eau solide : $c_s = 2.10 \times 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

Exercice 8 : Dégivrage d'une aile d'avion (extrait du Baccalauréat 2022, Mayotte-Liban)

Mots-clés : capacité thermique, chaleur latente, résistance

Le givrage des différentes parties d'un avion est un problème qui peut être résolu de différentes façons. Le réchauffement de zones vulnérables est une méthode très courante de prévention du givrage. On s'intéresse ici au dégivrage par apport d'énergie thermique.



D'après <https://www.science-et-vie.com/archives/securite-givrage-la-menace-grandit-31119>

Données :

- Capacité thermique massique de l'eau liquide : $c_{el} = 4180 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
- Capacité thermique massique de l'eau solide : $c_{es} = 2090 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
- Chaleur latente de fusion de la glace à 0°C : $L_{\text{SOLIDE/LIQUIDE}} = L = 333 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$
- Masse volumique de l'eau liquide à 25°C : $\rho_{el} = 1,0 \text{ kg}\cdot\text{L}^{-1}$
- Masse volumique de l'eau solide à -10°C : $\rho_{es} = 0,92 \text{ kg}\cdot\text{L}^{-1}$

Une surface de $5,0 \text{ m}^2$ de glace recouvre l'aile d'un avion sur une épaisseur d'un demi-millimètre. La température de la glace est $\theta_1 = -10^\circ\text{C}$.

1. Déterminer la masse de glace m déposée sur l'aile de l'avion.
2. Exprimer puis déterminer la valeur E_1 de l'énergie nécessaire pour augmenter la température de la glace de -10°C à 0°C .
3. Exprimer puis déterminer la valeur E_2 de l'énergie nécessaire pour transformer à 0°C la glace en eau liquide.
4. En déduire la valeur de l'énergie totale nécessaire à cette opération de dégivrage.