

TD - Th6 - Bilans enthalpiques

1 Vrai-Faux

	Vrai	Faux
1. Au cours d'une transformation quelconque, toutes les grandeurs d'état du système sont définies à tout moment.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Au cours d'une transformation monobare, la pression du système est constante.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Au cours d'une transformation quelconque, le travail reçu par un gaz soumis uniquement aux forces de pression est $W = - \int_{V_1}^{V_2} P dV$.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Au cours d'une liquéfaction isotherme, le transfert thermique reçu Q par le système vérifie $Q < 0$.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Si un système reçoit de l'énergie thermique ($Q > 0$) alors sa température augmente.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2 Bilan enthalpique

Une masse m d'eau passe de l'état liquide à la température T_1 à l'état solide à la température T_2 sous la pression atmosphérique constante P_a .

- Exprimer la variation d'enthalpie de cette masse d'eau en fonction des données fournies.
- En déduire le transfert thermique Q reçu au cours de cette transformation.
- Faire l'application numérique pour $m = 15$ g, $T_1 = 20^\circ\text{C}$, $T_2 = -18^\circ\text{C}$.

Données :

- Température de fusion de la glace sous la pression atmosphérique : $T_{\text{fus}} = 0^\circ\text{C}$
- Capacité thermique massique de la glace : $c_g = 2,1 \text{ kJ} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$
- Capacité thermique massique de l'eau liquide : $c_\ell = 4,2 \text{ kJ} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$
- Enthalpie massique de fusion à T_{fus} : $L_f(T_{\text{fus}}) = 335 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$

3 Masse en eau d'un calorimètre

Un calorimètre possède une capacité thermique C_{calo} .

- Exprimer le lien entre C_{calo} , la masse en eau m_{calo} de ce calorimètre (c'est à dire la masse d'eau qui posséderait la même capacité thermique que le calorimètre) et une des grandeurs physiques fournies dans les données.
- On verse une masse $m = 200$ g d'eau dans ce calorimètre. L'équilibre thermique est atteint et on relève une température initiale du système {eau+calorimètre} égale à T_i . On plonge ensuite une résistance chauffante de puissance \mathcal{P} dans le calorimètre et on relève au bout d'une durée τ une température T_f .
 - Calculer la variation d'enthalpie du système {eau+calorimètre}.
 - On suppose la capacité thermique de la résistance négligeable. Exprimer la masse en eau du calorimètre en fonction de T_i , T_f , c_e , \mathcal{P} et τ . Faire l'application numérique.

Données :

- Capacité thermique massique de l'eau : $c_e = 4,18 \text{ kJ} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$
- Puissance de la résistance : $\mathcal{P} = 100 \text{ W}$
- $T_i = 10^\circ\text{C}$; $T_f = 30^\circ\text{C}$
- $\tau = 184 \text{ s}$

4 Calorimétrie

1. Un calorimètre contient 95 g d'eau à $20,0^\circ\text{C}$. On ajoute 71 g d'eau à $50,0^\circ\text{C}$. Quelle serait la température d'équilibre si l'on pouvait négliger la capacité thermique du vase et des accessoires ?
2. La température d'équilibre observée est $31,3^\circ\text{C}$. En déduire la valeur en eau du vase et des accessoires (*i.e* la masse d'eau de même capacité thermique que le vase et les accessoires).
3. Le même calorimètre contient maintenant 100 g d'eau à $15,0^\circ\text{C}$. On y plonge un échantillon métallique pesant 25 g sortant d'une étuve à $95,0^\circ\text{C}$. La température d'équilibre étant $16,7^\circ\text{C}$, calculer la capacité thermique massique du métal.

On rappelle que la capacité thermique massique de l'eau vaut $c_o = 4,18 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

5 Bain chaud

On désire prendre un bain avec une eau dont la température est de $32,0^\circ\text{C}$. Le volume V de la baignoire est de 100 L et pour le remplir, on dispose de deux réservoirs d'eau : un réservoir d'eau chaude à $60,0^\circ\text{C}$ et un d'eau froide à $18,0^\circ\text{C}$. On négligera la capacité thermique de la baignoire et on supposera qu'il n'y a aucune perte thermique. Quel volume doit-on prélever dans chacun des réservoirs pour prendre le bain ?

6 Échauffement d'une résistance ★ ★ ★

Une résistance électrique R de capacité thermique C est placée dans l'air de température T_0 . Lorsque la température de la résistance est T on admet que l'énergie perdue sous forme de chaleur dans le milieu extérieur pendant un temps infinitésimal dt est de la forme $aC(T - T_0)dt$, a étant une constante. Initialement la résistance est en équilibre thermique avec le milieu extérieur à la température T_0 . À l'instant $t = 0$ on fait passer dans la résistance un courant continu d'intensité I .

1. Quelle est la dimension de a ? Expliquer qualitativement l'évolution de la température de la résistance.
2. Établir l'équation différentielle vérifiée par $T(t)$. Pour cela on effectuera un bilan enthalpique entre les instant t et $t + dt$.
3. En déduire l'expression de la température T en fonction du temps. Quelle est la température limite atteinte en régime stationnaire ?
4. Retrouver directement la valeur de la température limite du régime permanent.

Réponses : 1) a est homogène à l'inverse d'un temps.

$$3) T = \frac{RI^2}{aC} (1 - e^{-at}) + T_0 ; T_\infty = T_0 + \frac{RI^2}{aC}.$$

7 Composition d'un mélange liquide-solide ★

Dans un récipient à parois adiabatiques contenant une masse $M = 1,00$ kg d'eau à $T_1 = 293$ K, on place un bloc de glace de masse $m = 500$ g à la température $T_0 = 273$ K.

Quelle est la composition du mélange à l'équilibre ?

Données :

Capacité thermique massique de l'eau : $c = 4,18$ kJ.kg⁻¹.K⁻¹

Enthalpie massique de fusion de la glace à 273 K : $L_f = 336$ kJ.kg⁻¹

8 Chauffettes chimiques ★ ★ ★

Un randonneur part faire une promenade en raquette alors que la température extérieure vaut $T_0 = -10^\circ\text{C}$. Au bout d'un certain temps, il a froid aux mains et décide pour se réchauffer d'utiliser une chauffelette chimique. Celle-ci est constituée d'une pochette contenant de l'acétate de sodium trihydraté liquide à l'état de surfusion. L'appui sur une pastille à la surface de la pochette permet d'injecter dans le liquide quelques cristaux ce qui provoque une solidification quasi-instantanée. Cela permet ensuite au randonneur de se réchauffer les mains.

On donne les caractéristiques physiques de l'acétate de sodium trihydraté :

- Température de fusion sous la pression atmosphérique : $T_{\text{fus}} = 58,0^\circ\text{C}$
- capacité thermique massique du solide : $c_s = 3,31$ kJ.kg⁻¹.K⁻¹
- capacité thermique massique du liquide : $c_\ell = 3,06$ kJ.kg⁻¹.K⁻¹
- Enthalpie massique de fusion à T_{fus} : $L_f(T_{\text{fus}}) = 242,8$ kJ.kg⁻¹

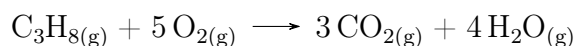
1. Comment qualifie-t-on l'état de surfusion ?
2. On suppose qu'on obtient juste après l'appui sur la pastille un mélange diphasé liquide-solide à la pression atmosphérique. Déterminer la fraction x de solide dans ce mélange en fonction de c_ℓ , $L_f(T_{\text{fus}})$, T_0 et T_{fus} .
3. En dessous de quelle température extérieure T_C toute la masse de solution se solidifie-t-elle ?

Voir article :

"Les chauffelettes chimiques", Jean-Michel Courty et Edouard Kierlik, Pour La Science n°374, Décembre 2013.

9 Combustion du propane

On s'intéresse à la combustion du propane. L'équation de combustion du propane est :



Quelle est la masse de dioxyde de carbone produite lorsque l'énergie dégagée par la combustion du propane est $E = 1,00$ MJ ?

Données :

- PCI du propane 46,4 MJ.kg⁻¹.
- masse molaire du propane : $M_{\text{C}_3\text{H}_8} = 44,1$ g.mol⁻¹.
- masse molaire du dioxyde de carbone : $M_{\text{CO}_2} = 44,0$ g.mol⁻¹.