

# 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 $W = - \int_{V_1}^{V_2} PdV$ . | <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  $P_a$ .

1. Exprimer la variation d'enthalpie de cette masse d'eau en fonction des données fournies.
2. En déduire le transfert thermique  $Q$  reçu au cours de cette transformation.
3. 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  $T_{\text{fus}}$  :  $L_f(T_{\text{fus}}) = 335 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$

## 3 Masse en eau d'un calorimètre

Un calorimètre possède une capacité thermique  $C_{\text{calo}}$ .

1. Exprimer le lien entre  $C_{\text{calo}}$ , la masse en eau  $m_{\text{calo}}$  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.
2. 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  $\tau$  une température  $T_f$ .
  - (a) Calculer la variation d'enthalpie du système {eau+calorimètre}.
  - (b) 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  $\tau$ . 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  $c_o = 4,18 \text{ J.g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ .*

## 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  $M = 1,00 \text{ kg}$  d'eau à  $T_1 = 293 \text{ K}$ , on place un bloc de glace de masse  $m = 500 \text{ g}$  à la température  $T_0 = 273 \text{ K}$ .

Quelle est la composition du mélange à l'équilibre ?

*Données :*

Capacité thermique massique de l'eau :  $c = 4,18 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

Enthalpie massique de fusion de la glace à 273 K :  $L_f = 336 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$

## 8 Chaufferettes 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 chaufferette 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. Celà 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 :  $c_s = 3,31 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
- capacité thermique massique du liquide :  $c_\ell = 3,06 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
- Enthalpie massique de fusion à  $T_{\text{fus}}$  :  $L_f(T_{\text{fus}}) = 242,8 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$

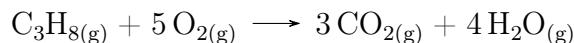
1. Comment qualifie-t-on l'état de surfusion ?
2. On suppose qu'on obtient juste après l'appui sur la pastille un mélange diphasé liquide-solide à la pression atmosphérique. Déterminer la fraction  $x$  de solide dans ce mélange en fonction de  $c_\ell$ ,  $L_f(T_{\text{fus}})$ ,  $T_0$  et  $T_{\text{fus}}$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

Voir article :

"Les chaufferettes 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  $E = 1,00 \text{ MJ}$  ?

*Données :*

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