

## Série 05 : Calorimétrie – Premier principe de la thermodynamique

### Exercice 1 : Dégel de l'ambiance

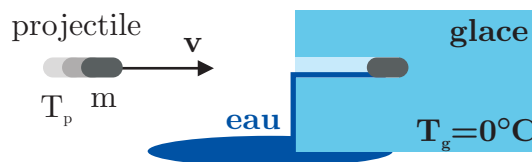
Un litre d'eau en ébullition (à  $T_e = 100^\circ\text{C}$ ) est versé dans un récipient isolé contenant 0.8 kg de glace à la température  $T_g = 0^\circ\text{C}$ .

- Déterminez la température finale du système à l'équilibre thermique et le mélange (vapeur, vapeur-eau, eau, eau-glace, glace). Dans le cas où il s'agit d'un mélange eau-glace, calculez la masse de glace fondue ou, le cas échéant, la masse d'eau qui a gelé.
- Répétez l'exercice pour un litre d'eau à  $T_e = 100^\circ\text{C}$  versé sur 4 kg de glace à  $T_g = -20^\circ\text{C}$ .

**Indications :** Densité de l'eau :  $\rho_{H_2O} = 10^3 \text{ kg/m}^3$ . Chaleur latente d'évaporation de l'eau (à 1 bar et  $100^\circ\text{C}$ ) :  $L_e = 2256.4 \text{ kJ kg}^{-1}$ . Chaleur latente de fusion de la glace à  $0^\circ\text{C}$  :  $L_f = 333.6 \text{ kJ kg}^{-1}$ . Chaleur spécifique à pression constante (1 bar) de l'eau liquide à  $20^\circ\text{C}$  :  $c_{\text{eau}} \simeq 4184 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ . Chaleur spécifique à pression constante (1 bar) de la vapeur à  $100^\circ\text{C}$  est  $c_{\text{vapeur}} \simeq 2077 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ . Chaleur spécifique à pression constante (1 bar) de la glace à  $0^\circ\text{C}$  est  $c_{\text{glace}} \simeq 2110 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ <sup>(1)</sup>. La chaleur spécifique est aussi appelée "chaleur massique" ou "capacité thermique massique". On fait l'approximation que les propriétés thermiques de l'eau dans ses 3 états ne changent pas avec la température.

### Exercice 2 : Fonte de glace par collision

- Un projectile en plomb de masse  $m_p = 20 \text{ g}$  à température  $T_p = 105^\circ\text{C}$  heurte un bloc de glace (immobile) à  $T_g = 0^\circ\text{C}$  avec une vitesse initiale  $v = 400 \text{ m/s}$  et y pénètre (voir la figure). En supposant que toute l'énergie perdue par le projectile est utilisée pour fondre la glace du tunnel résultant, quelle est la masse  $M_l$  de glace liquéfiée ?



- Imaginez<sup>(2)</sup> maintenant que l'astéroïde (243) *Ida I Dactyl* de masse  $m_a = 4 \times 10^{12} \text{ kg}$  et à  $T_a = 0^\circ\text{C}$  s'enfonce dans la calotte glaciaire terrestre avec une vitesse de  $1.8 \times 10^5 \text{ km/h}$ . Quelle sera la quantité de glace liquéfiée dans ce cas ? Calculez l'augmentation du niveau global des océans. Admettez que la surface des océans,  $S$ , est de 360 millions de  $\text{km}^2$ .

1. Handbook of Chemistry and Physics, 90th edition, 2009-2010.

2. Pour en savoir plus : [https://www.notre-planete.info/terre/fin\\_du\\_monde/risque-collision-asteroide-Terre.php](https://www.notre-planete.info/terre/fin_du_monde/risque-collision-asteroide-Terre.php)

**Indications :** chaleur latente de fusion de la glace  $L_f \simeq 335 \text{ kJ kg}^{-1}$ , chaleur spécifique du plomb  $c = 130 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ .

### Exercice 3 : Vapeur d'eau

La chaleur latente de vaporisation de l'eau vaut  $L_v = 2.26 \times 10^6 \text{ J kg}^{-1}$  à pression atmosphérique. L'eau, à l'état gazeux, a une densité bien inférieure qu'à l'état liquide.

- Pour une masse d'eau  $m$ , quel pourcentage de l'énergie nécessaire pour vaporiser l'eau est utilisé pour effectuer le travail d'expansion (augmentation de volume) de la vapeur ainsi créée ?
- Où va la chaleur restante ?

**Indications :** À  $T = 100^\circ\text{C}$  et  $p = 1 \text{ atm}$ , les densités de l'eau et de la vapeur sont respectivement  $\rho_{\text{eau}} = 10^3 \text{ kg m}^{-3}$  et  $\rho_{\text{vapeur}} = 0.6 \text{ kg m}^{-3}$ . On suppose que la dilatation de l'eau lors de sa vaporisation est un processus isobare.

### Exercice 4 : Déshumidifier votre cave

Si vous voulez garder votre vin dans un bon état dans la région lausannoise qui est particulièrement pluvieuse et humide, vous devez installer un déshumidificateur dans votre cave. Si la cave a une surface de  $45 \text{ m}^2$  et une hauteur de  $3 \text{ m}$ , combien de litres d'eau doivent être évacués pour faire descendre l'humidité relative de  $90\%$  à une valeur acceptable de  $35\%$  ? Supposez que la température dans la cave est de  $13^\circ\text{C}$  environ, ce qui correspond à une pression de vapeur saturante de l'eau de  $1.5 \text{ kPa}$ .

### Exercice 5 : Excursion dans les Alpes

Un beau jour de printemps, vous faites du vélo dans les Alpes vaudoises en couvrant un dénivelé de  $950 \text{ m}$ . En supposant que votre masse (avec tout l'équipement) est de  $85 \text{ kg}$  et que l'efficacité de votre corps est de  $15\%$ , quelle quantité d'eau sera perdue par évaporation au cours de votre effort ? Donnez d'abord la réponse littérale, avant le calcul numérique.

Veuillez noter que la définition générale d'efficacité  $\eta$  (rendement) s'exprime comme "ce que j'obtiens / le prix à payer" : je fournis un travail pour ma randonnée ( $W$ ), mais le prix à payer est de m'être bien nourri avant de partir ( $Q_{\text{recue}}$ ) :

$$\eta = \left| \frac{W}{Q_{\text{recue}}} \right|$$

**Indication :** Chaleur latente d'évaporation de l'eau  $L_e = 2.26 \times 10^6 \text{ J kg}^{-1}$ .