

## Devoir en temps libre n° 12

### Ordre de grandeur d'énergie

Dans toute la suite, on ne demande pas une rigueur extrême, mais il est impératif de préciser clairement le système sur lequel on fait un calcul.

#### Travail et énergie thermique

Pour se raser, on envisage 2 possibilités : utiliser un rasoir électrique d'une puissance de 9 W, ou utiliser un rasoir manuel qu'on chauffe préalablement dans un bol contenant 100 mL d'eau à 44 °C

1. Sachant qu'un rasage dure environ 5 min et que l'eau utilisée sort du robinet à 19 °C, quel est le rasage le moins énergivore ?

#### Énergie potentielle et énergie thermique

Une piscine olympique contient de l'ordre de 3000 m<sup>3</sup> à environ 27 °C. Par ailleurs, la Pyramide de Kheops avait une hauteur de 146,5 m lors de sa construction. On précise que la variation d'énergie potentielle de pesanteur d'une masse  $m$  est  $\Delta E_p = mg \Delta z$ , où  $\Delta z$  est la variation d'altitude.

2. Est-il plus coûteux en énergie de chauffer la piscine, initialement à 20 °C, ou monter les 50 derniers blocs de pierre de 1 tonne en haut de la grande Pyramide ?

#### Énergie cinétique et énergie interne

Une voiture de 1500 kg roulant à 130 km · h<sup>-1</sup> effectue un freinage d'urgence jusqu'à immobilisation. Elle possède 4 freins à disques, assimilable chacun à un cylindre en acier de 20 cm de diamètre et de 1 cm d'épaisseur. On rappelle que l'énergie cinétique est  $E_c = \frac{1}{2} mv^2$ .

3. Évaluer l'échauffement des freins à l'issue du freinage.

Densité	7,9
Capacité thermique massique	0,50 kJ · kg <sup>-1</sup> · K <sup>-1</sup>
Température de fusion	1535 °C

TABLE 1 – Grandeurs relatives à l'acier.

## Corrigé du devoir en temps libre n° 12

### éléments de correction

1. L'énergie reçue par le rasoir (et donc facturée par le fournisseur d'électricité) est :  $\delta W = \mathcal{P} dt$ . Pour une puissance constante, l'énergie consommée par l'opérateur pendant l'intervalle de temps  $\Delta t$  du rasage est donc :

$$W = \mathcal{P} \times \Delta t = 5 \times 60 \times 9 = 2,7 \text{ kJ}$$

Une augmentation de température de l'eau de  $\Delta T$  correspond à une augmentation de son énergie interne. Cette différence d'énergie est celle que l'opérateur doit apporter, soit :

$$\Delta U = mc \Delta T = 0,1 \times 4,18 \times (45 - 20) = 10,5 \text{ kJ}$$

Contrairement à une croyance répandue, le rasage électrique est moins énergivore<sup>1</sup>.

2. La variation d'énergie potentielle des blocs de pierre correspond à l'énergie que les ouvriers ont dû fournir pour les monter :

$$\Delta E_p = 50 \times 1 \cdot 10^3 \times 9,8 \times 146,5 = 71,8 \cdot 10^6 \text{ J} = 71,8 \text{ MJ}$$

Le chauffage de la piscine coûte l'énergie correspondant à la variation d'énergie interne de l'eau :

$$\Delta U = mc \Delta T = \rho V c \Delta T = 3000 \times 1 \cdot 10^3 \times 4,18 \cdot 10^3 \times (27 - 20) = 87,8 \cdot 10^9 \text{ J} = 87,8 \text{ GJ}$$

Cet ordre de grandeur permet de prendre conscience de la quantité d'énergie gigantesque correspondant au chauffage d'un grand volume d'eau liquide.

3. Les freins s'échauffent car ils emmagasinent sous forme thermique (frottement) l'énergie cinétique de la voiture. Pour le système constitué de la voiture, il n'y a pas de travail reçu, pas de variation d'altitude, et pas de transfert thermique, qui n'a pas le temps de se faire pendant le temps du freinage (freinage d'urgence). Le premier principe s'écrit alors :

$$\Delta U + \Delta E_c + \underbrace{\Delta E_p}_{=0} = \underbrace{W_{\text{reçu}}}_{=0} + \underbrace{Q_{\text{reçue}}}_{=0}$$

On peut faire l'hypothèse que seuls les disques de frein s'échauffent, donc :  $\Delta U = \Delta U_{\text{disques}}$ , le reste de la voiture restant à température constante, au moins le temps du freinage. Il s'agit de la variation d'énergie interne d'une phase condensée constituée des 4 disques d'acier :

$$\Delta U = 4m_{\text{disque}} \times c_{\text{acier}} \times \Delta T$$

La masse d'un disque est :  $m_{\text{disque}} = d \times \rho_{\text{eau}} \times V = 2,48 \text{ kg}$ , avec  $V$  le volume du disque qui est un cylindre de rayon  $r$  et de hauteur  $h$  :  $V = \pi r^2 h = 314 \text{ cm}^3 = 3,14 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$ .

Par ailleurs, la voiture va initialement à la vitesse  $v_0 = 130/3,6 = 36 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , et a une vitesse nulle à l'issue du freinage. La variation d'énergie cinétique de la voiture est donc :

$$\Delta E_c = \frac{1}{2} \times M_{\text{voiture}} \times (0^2 - v_0^2)$$

En injectant les deux relations dans le premier principe, on obtient :

$$4m_{\text{disque}} \times c_{\text{acier}} \times \Delta T - \frac{M_{\text{voiture}}}{2} \times v_0^2 = 0 \Rightarrow \Delta T = \frac{M_{\text{voiture}} \times v_0^2}{8m_{\text{disque}} \times c_{\text{acier}}} = 194 \text{ K}$$

L'échauffement est donc d'environ 200 °C soit une température finale de l'ordre de 220 °C.

---

1. Attention ! cela ne signifie pas qu'il soit plus écologique. Le coût écologique doit inclure : la fabrication du rasoir (de l'extraction de la matière première à la livraison, puis à l'éventuel recyclage), toute la chaîne de production de l'énergie (électrique pour le rasoir, électrique, chimique ou autre pour le chauffage de l'eau), etc.