

But de l'activité : Etudier les variations d'énergie interne d'un système ; Faire un bilan d'énergies.**Document 1 : Transferts thermiques**

Lorsque deux corps à des températures différentes sont mis en contact, ils échangent de l'énergie : le corps le plus froid reçoit de l'énergie de la part du corps le plus chaud ; le corps le plus chaud cède de l'énergie au corps le plus froid. On parle de transfert thermique.

- Sans changement d'état, l'énergie thermique nécessaire pour faire varier la température d'un corps de masse m de T_i à T_f est :

$$Q = m \cdot c \cdot (T_f - T_i)$$

où c est la capacité thermique massique du corps.

Note : Les températures peuvent être exprimées en Kelvin (symbole T) ou en °C (symbole θ) car, pour une différence de température, $\Delta T = \Delta \theta$

La capacité thermique $C = m \cdot c$ correspond à l'énergie que l'on doit apporter pour élever de 1 degré la température de 1 kg du corps en question.

- Avec changement d'état, l'énergie thermique nécessaire pour un corps de masse m est : $Q = m \cdot L$
où L est l'énergie massique de changement d'état (aussi appelée chaleur latente), exprimée généralement en J/kg.

L'énergie thermique totale sera alors la somme de tous les transferts thermiques pour chaque corps mis en jeu.

Document 2 : Energie interne et énergie totale

Un système thermodynamique correspond à un ensemble macroscopique d'entités microscopiques séparées du milieu extérieur par une interface où peuvent avoir lieu des transferts d'énergies.

L'énergie que le système peut stocker sans modification de son énergie mécanique (c'est-à-dire sans modification de son mouvement ou de son altitude) est appelée énergie interne, notée U . Elle se compose de l'énergie cinétique due à l'agitation thermique des entités (prépondérante dans les fluides) et de l'énergie potentielle électrostatique entre les entités (prépondérante dans les solides) :

$$U = E_{c,micro} + E_{p,micro}$$

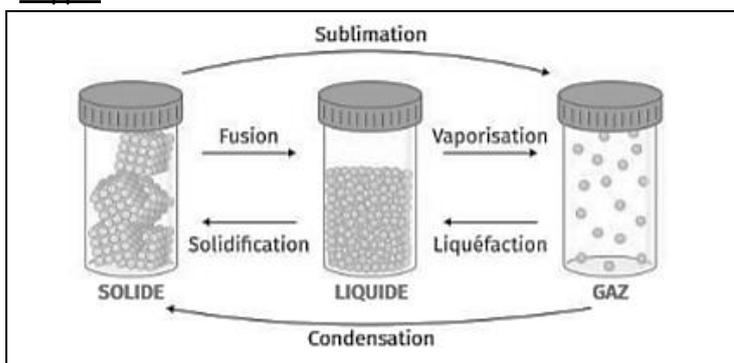
La variation d'énergie interne correspond au transfert thermique total émis ou reçu par le système : $\Delta U = C \cdot \Delta T = Q_{tot}$

L'énergie totale du système correspond donc à la somme de l'énergie mécanique (macroscopique) et de l'énergie interne :

$$E_{tot} = E_m + U.$$

Dans le cas d'un système isolé (qui ne transfère pas d'énergie avec d'autre système), $\Delta E_{tot} = 0$.

Par convention, les énergies reçues par un système sont comptées positivement et celles cédées par le système sont comptées négativement.

Rappel : Etats de la matière**Rappel : Agitation thermique**

Dans un solide, les entités sont régulièrement disposées dans l'espace et liées entre elles par différentes interactions selon le type de solide. Cependant, elles ne sont pas parfaitement immobiles : elles vibrent autour de leur position moyenne. L'énergie thermique, ou chaleur, que reçoit un solide lorsqu'on le chauffe est alors transformée en énergie cinétique. L'amplitude de la vibration dépend de la température du solide : on appelle cela l'agitation thermique.

Partie I : Chauffage d'une piscine

Parmi les divers équipements publics ou privés, les piscines sont souvent considérées comme énergivores. Pourtant, de nombreuses solutions techniques permettent d'optimiser la consommation d'énergie d'une piscine en agissant sur sa forme, son orientation et sur la source de production d'énergie nécessaire à son chauffage. Les pompes à chaleur sont des dispositifs désormais préconisés pour le chauffage de ces bassins d'eau. Nous allons ici étudier le mécanisme de la pompe à chaleur.

Document 4 : La pompe à chaleur (PAC)

La pompe à chaleur (PAC) est un équipement de chauffage thermodynamique à énergie renouvelable. La PAC transfère de l'énergie depuis une source renouvelable, appelée source froide, telle que l'air extérieur, l'eau (d'une nappe souterraine ou de la mer), ou la terre vers un autre milieu (un bâtiment, un logement, un bassin d'eau, etc.).

Pour exploiter ces différents gisements d'énergie renouvelable, une source d'énergie, généralement électrique, est toutefois nécessaire : aussi les PAC consomment-elles de l'électricité.

La pompe à chaleur air / eau est une machine thermique ditherme qui fonctionne entre une source de température variable au cours du temps et une source de température quasi constante, tout en recevant de l'énergie électrique. La PAC fonctionne comme une machine cyclique. Au terme d'un cycle, la variation d'énergie interne ΔU du système {fluide frigorigène} contenu dans la PAC est nulle.

Des transferts énergétiques Q_f , Q_c et W_e sont mis en jeu au cours d'un cycle de la PAC, où :

- Q_f est l'énergie transférée de l'air extérieur (source froide dans ce dispositif) au fluide de la PAC; cette énergie est renouvelable et gratuite ;
- Q_c est l'énergie transférée par le fluide de la PAC à l'eau du bassin de la piscine ;
- W_e est l'énergie électrique consommée par la PAC et transférée intégralement au fluide de la PAC sous une autre forme.

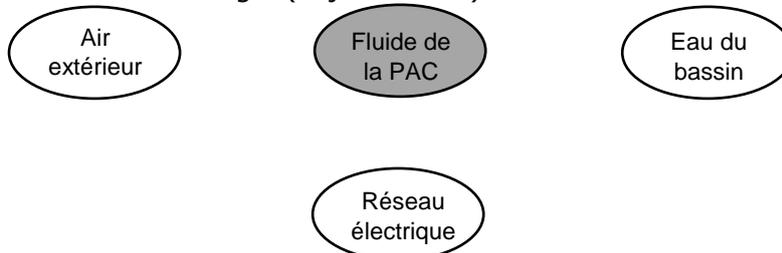
Les grandeurs Q_f , Q_c et W_e sont positives.

1. Classifier les trois états de la matière selon la valeur croissante de leur énergie interne. Justifier.

2. Montrer que la variation d'énergie totale d'un système est donnée par :

$$\Delta E_{tot} = W + Q_{tot} \quad (\text{premier principe de la thermodynamique})$$

3. Compléter le bilan d'énergie de la PAC ci-dessous avec les différentes énergies transférées, en indiquant par une flèche le sens du transfert d'énergie (reçu ou cédé).



4. On considère que le système étudié (le fluide de la PAC) est un système isolé. Déterminer alors la relation entre Q_c , Q_f et W_e .

Attention aux signes !

Après remplissage d'une piscine de volume $V = 560 \text{ m}^3$ avec une eau initialement prise à une température de 17°C , on souhaite augmenter la température de l'eau de piscine jusqu'à 28°C . On considérera que le transfert thermique depuis la PAC sert intégralement à chauffer l'eau de la piscine sans déperdition.

5. Calculer la variation d'énergie interne du système {eau du bassin}, $\Delta U_{\{\text{eau}\}}$, quand la température de l'eau a atteint 28°C . En déduire la valeur de Q_c , énergie transférée par le fluide de la PAC à l'eau du bassin de la piscine.

Données : $\rho_{\text{eau}} = 1000 \text{ kg.m}^{-3}$; $c_{\text{eau}} = 4180 \text{ J.kg}^{-1}.\text{°C}^{-1}$

6. Sachant que la valeur du transfert thermique avec l'extérieur est $Q_f = 1,8.10^{10} \text{ J}$, calculer la valeur de l'énergie électrique W_e consommée lors du chauffage du bassin.

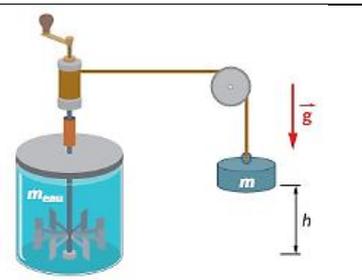
7. Quel serait la valeur de l'énergie électrique W_e' consommée lors du chauffage du bassin si on utilisait une méthode de chauffage directe par résistance électrique ?

8. Quel pourcentage de l'énergie utilisé pour chauffer le bassin provient de l'énergie électrique consommée lors du chauffage dans le cas du chauffage direct ? Et dans le cas de l'utilisation de la PAC ? Quelle est alors, en pourcentage, l'économie d'énergie électrique réalisée par l'utilisation de la PAC ?

Partie II : L'expérience de Joule

Document 5 : L'expérience de Joule

L'expérience suivante a été initialement pensée puis conçue par James Prescott Joule en 1850 : une masse m est reliée par une poulie à un axe sur lequel sont fixées des palettes qui sont au contact de l'eau. Les forces de frottements entre les palettes et l'eau mettent l'eau en mouvement. L'eau est placée dans un calorimètre, c'est-à-dire un dispositif qui n'échange pas de chaleur avec l'extérieur. Joule constate que, lorsque la masse est descendue jusqu'au sol, la température de l'eau s'est élevée.



On considère ici le montage de l'expérience de Joule avec une masse $m = 100 \text{ kg}$ initialement à une hauteur $h = 1,0 \text{ m}$, entraînant une hélice au contact d'une masse $m_{\text{eau}} = 200 \text{ g}$ d'eau. Le système est considéré comme isolé.

Données

Pesanteur terrestre : $g = 9,81 \text{ N.kg}^{-1}$

Capacité calorifique massique de l'eau : $c_{\text{eau}} = 4180 \text{ J.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$

Chaleur latente de vaporisation de l'eau : $L_{\text{vap}} = 2260 \text{ kJ.kg}^{-1}$

9. Expliquer la cause de l'augmentation de la température de l'eau.

10. Déterminer la valeur de l'augmentation de la température de l'eau.

On suppose qu'initialement, l'eau est à température ambiante, $\theta = 20^\circ\text{C}$.

11. Déterminer de quelle hauteur H la masse doit chuter pour entraîner la vaporisation de 10% de l'eau présente dans le calorimètre.

Aide : toute la masse d'eau doit atteindre la température d'ébullition, mais seuls 10% se vaporisent.