

EXTRAIT BAC 1

La résistance d'une bouilloire convertit l'énergie électrique en énergie thermique et transfère cette énergie à l'eau qu'elle contient. Toutes les bouilloires sont munies d'un dispositif permettant de couper l'alimentation une fois que l'eau est à ébullition.

Le but de l'exercice est d'étudier les pertes d'énergie lorsque l'appareil porte à ébullition une certaine masse d'eau.

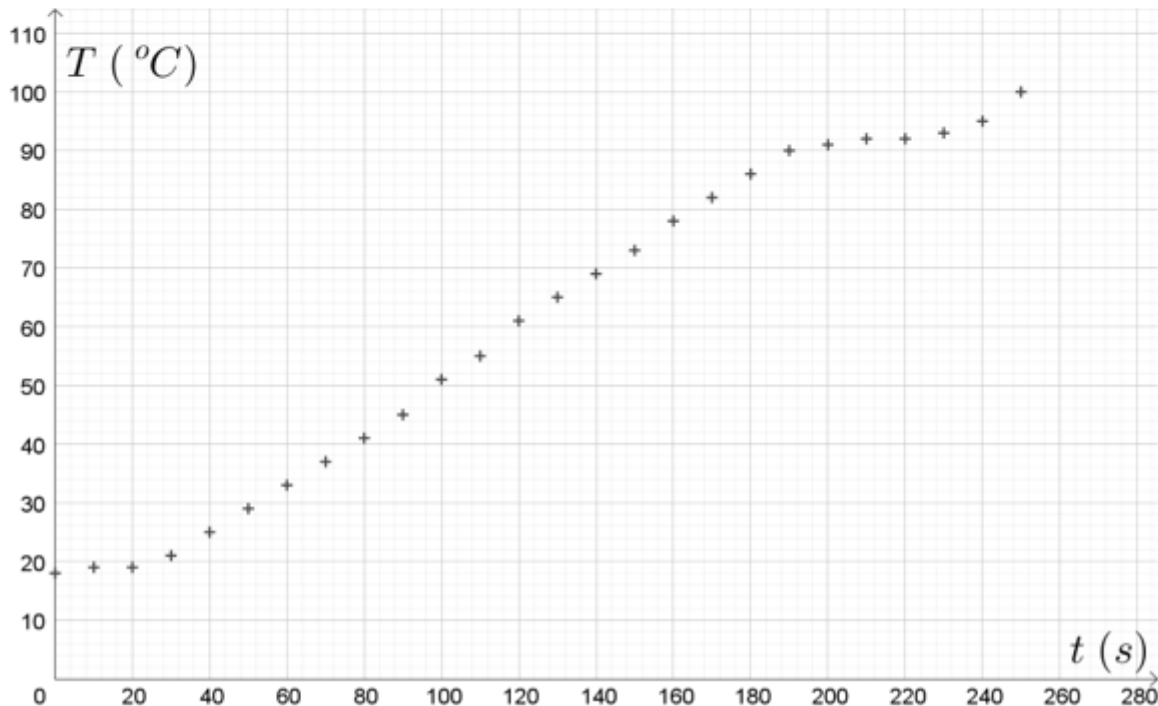
Caractéristiques de la bouilloire :

- puissance électrique : 2,0 kW sous 230 V ;
- contenance : 1,7 L ;
- surface latérale : $S = 0,080 \text{ m}^2$;
- diamètre de la base : 15 cm ;
- diamètre du couvercle : 12,5 cm ;
- masse volumique de l'eau : $\rho = 1,0 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$.



On met à chauffer dans la bouilloire 1,0 litre d'eau de capacité thermique massique $c_{\text{eau}} = 4,18 \times 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$. On obtient le graphique ci-dessous.

Évolution de la température de l'eau dans la bouilloire au cours du temps



1. Déterminer la valeur de la variation d'énergie interne du système constitué par 1 litre d'eau lorsque la température de celui-ci varie de $T_1 = 20\text{ °C}$ à $T_2 = 90\text{ °C}$.
2. Déterminer la valeur de l'énergie électrique reçue par la résistance de la bouilloire pendant la durée de chauffe du système de $t_1 = 30\text{ s}$ à $t_2 = 190\text{ s}$.

Le vase de la bouilloire est en acier inoxydable. Sa capacité thermique vaut $C_{\text{vase}} = 3,0 \times 10^2\text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$. On suppose qu'à chaque instant la température du vase de la bouilloire est égale à celle de l'eau.

3. Calculer la valeur de la variation d'énergie interne du vase de la bouilloire lorsque la température de celui-ci varie de $T_1 = 20\text{ °C}$ à $T_2 = 90\text{ °C}$. Commenter au regard des questions précédentes.
4. En supposant que toute l'énergie thermique cédée par la résistance de la bouilloire est transférée au système {eau}, déterminer la durée nécessaire pour augmenter la température du système {eau} de $T_1 = 20\text{ °C}$ à $T_2 = 90\text{ °C}$.

Représenter l'allure de l'évolution de la température du système {eau} dans le cas idéalisé décrit ci-dessus sur le graphique

On limitera le tracé à des températures inférieures à 90 °C .

EXTRAIT BAC 2

Le procédé de roto moulage est un procédé de mise en forme des matières plastiques qui permet de fabriquer des objets en plastiques creux (figure 1) d'assez grandes dimensions (cuves de récupération d'eau, containers, kayaks...) à partir de poudre de polyéthylène chauffée jusqu'à 200 °C .



Figure 1. Cuve de récupération d'eau.

Le système de chauffage nécessaire à la fabrication utilise la lumière solaire captée par un parc d'héliostats ; ceux-ci réfléchissent les rayons lumineux vers la chambre de chauffage où se trouve le moule en rotation (figure 2).

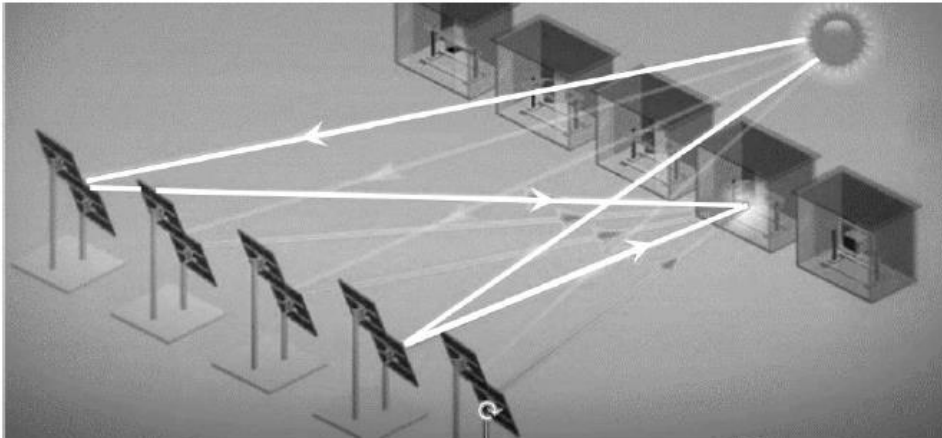


Figure 2. Schéma du dispositif utilisant le roto moulage solaire (d'après le site lightmanufacturing.com).

Cette technique repose sur plusieurs étapes (figure 3) :

- étape 1 : la matière première plastique est introduite sous forme de poudre dans un moule métallique ;
- étape 2 : le moule est ensuite mis en rotation et chauffé grâce à un ensemble d'héliostats qui concentre le flux d'énergie solaire sur le moule. La matière recouvre alors toute la surface interne du moule.
- étape 3 : le chauffage s'arrête, le moule est refroidi à température ambiante avant démoulage lorsque le polyéthylène s'est totalement solidifié.

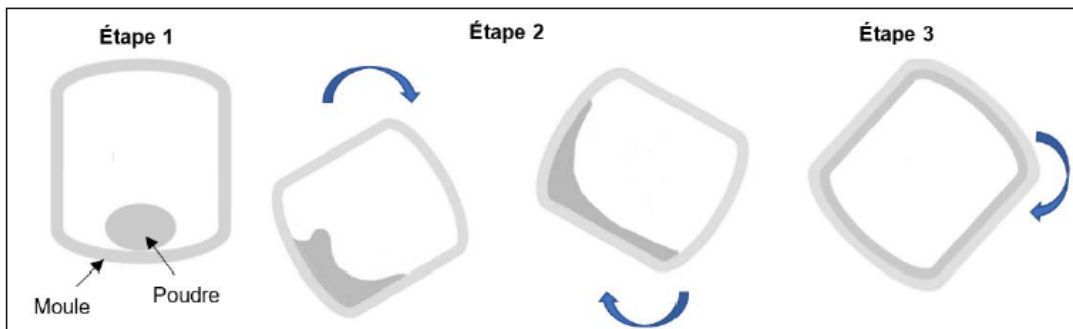


Figure 3. Schématisation du cycle de fabrication

Extrait d'une notice technique du système présentant la durée du cycle de chauffage en fonction de la masse de matière plastique contenue dans l'objet :

Masse de matière plastique de l'objet	Durée du cycle de chauffage
De 1 à 3 kg	15 min
De 8 kg	25 min
De 25 kg	45 min

On fabrique des cuves de récupération d'eau (figure 1). Pendant toute la durée nécessaire au cycle de fabrication de la pièce en plastique, on suppose que la puissance solaire réfléchiée par l'ensemble des héliostats reste constante et vaut $P_s = 24 \text{ kW}$. On négligera tous les transferts thermiques du système {moule et polyéthylène}, supposé incompressible, avec l'air intérieur et avec l'extérieur.

Données :

- masse de poudre de polyéthylène (PE) utilisée pour le moulage: $m_{\text{PE}} = 25 \text{ kg}$;
 - température de fusion du polyéthylène : $\theta_f = 140 \text{ °C}$;
 - capacités thermiques massiques :
 - du moule métallique : $c = 502 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$;
 - du polyéthylène : $c_{\text{PE}} = 1\,830 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ (on considèrera que cette valeur est la même pour le polyéthylène à l'état solide et à l'état liquide) ;
 - masse du moule $m = 125 \text{ kg}$;
 - à température constante, la variation d'énergie interne ΔU d'une masse m de polyéthylène lors de sa fusion a pour expression :
 $\Delta U = m \times L_f$ avec $L_f = 290 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$, l'énergie massique de fusion du polyéthylène.
2. Expliquer, à l'échelle microscopique, les origines de la variation de l'énergie interne du polyéthylène lorsque la température passe de 20 °C à 200 °C .
 3. Rappeler le premier principe de la thermodynamique appliqué au système étudié ici. En déduire la valeur du transfert thermique Q_1 à apporter au système pour atteindre la température de fusion du polyéthylène à partir de la température ambiante θ_i prise égale à $\theta_i = 20 \text{ °C}$.
 4. Calculer le transfert thermique Q_2 nécessaire à la fusion, à 140 °C , de la totalité de la poudre de polyéthylène.
 5. Montrer par le calcul que la durée totale Δt_{Total} du cycle de chauffage pour une température finale atteinte de 200 °C vaut près de 19 min.
 6. Commenter cette durée totale Δt_{Total} en discutant de l'origine possible des écarts avec celle fournie par la notice technique du système.

EXTRAIT BAC 3

On s'intéresse à l'évolution de la température T d'un système {canette + boisson} placé dans un congélateur

Données :

- surface de la canette assimilée à un cylindre : $S = 3,1 \times 10^{-2} \text{ m}^2$;
- capacité thermique du système {canette + boisson} : $C = 1,50 \times 10^3 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$;
- température de l'air à l'intérieur du congélateur : $\theta_{ch} = -18 \text{ }^\circ\text{C}$;
- température ambiante : $\theta_i = 25 \text{ }^\circ\text{C}$;



1. En appliquant le premier principe de la thermodynamique au système {canette + boisson} entre l'état initial à la température θ_i et l'état final à la température θ_f , exprimer la variation ΔU de l'énergie interne du système en fonction de C , θ_i et θ_f .
2. Calculer la valeur de cette variation d'énergie interne au cours du refroidissement du système {canette + boisson} depuis la température ambiante jusqu'à la température finale $\theta_f = 5 \text{ }^\circ\text{C}$.
3. Commenter le signe du résultat obtenu et interpréter celui-ci en termes d'énergie microscopique.

Au cours d'une expérience, la température à l'intérieur de la canette a été mesurée en fonction du temps (figure 1).

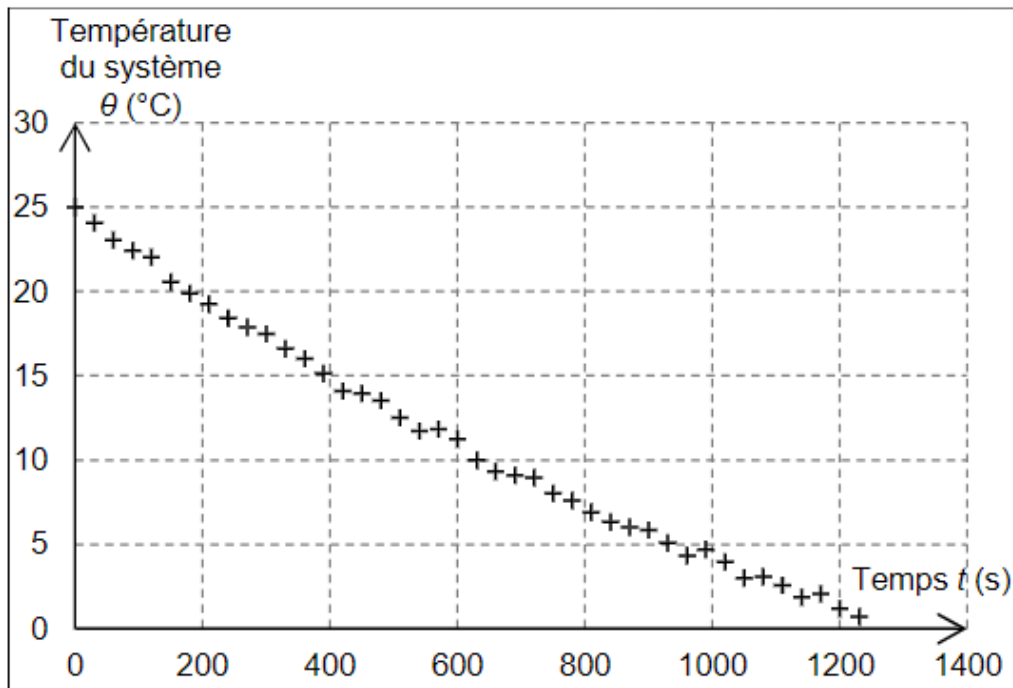


Figure 1. Évolution de la température du système en fonction du temps

D'après <http://culturesciencesphysique.ens-lyon.fr>

4. Déterminer graphiquement la durée Δt nécessaire au refroidissement du système jusqu'à la température $\theta_f = 5 \text{ }^\circ\text{C}$.

EXTRAIT BAC 4

Voir la vidéo du fonctionnement d'une pompe à chaleur : <https://youtu.be/3i-CctgGKPY>

Avant la commercialisation d'une pompe à chaleur (PAC), le bureau d'étude d'une entreprise de chauffage étudie son fonctionnement et ses performances.

Une PAC est un dispositif technique destinée à assurer le chauffage d'un habitat à partir d'une source externe (l'air, le sol ou l'eau) dont la température est inférieure à celle du système à chauffer. La PAC assure le transfert thermique d'un milieu froid vers un milieu chaud, c'est à dire l'inverse du sens naturel.

Pour fonctionner, la pompe à chaleur reçoit de l'énergie complémentaire. Les PAC consomment donc de l'électricité ou du gaz.

La pompe à chaleur étudiée ici (figure 1) est constituée d'un circuit fermé et étanche dans lequel circule un fluide caloporteur, à l'état liquide ou gazeux selon les organes qu'il traverse.

Le fluide caloporteur est un système physique qui prélève depuis l'air extérieur par transfert thermique, de « l'énergie aérothermique » et qui cède une quantité d'énergie, encore par transfert thermique au logement à chauffer.

Pour fonctionner, une PAC absorbe de l'énergie en recevant un travail électrique, nécessaire aux fonctionnements du compresseur, du détendeur et à la circulation du fluide caloporteur décrivant une boucle fermée appelée cycle.

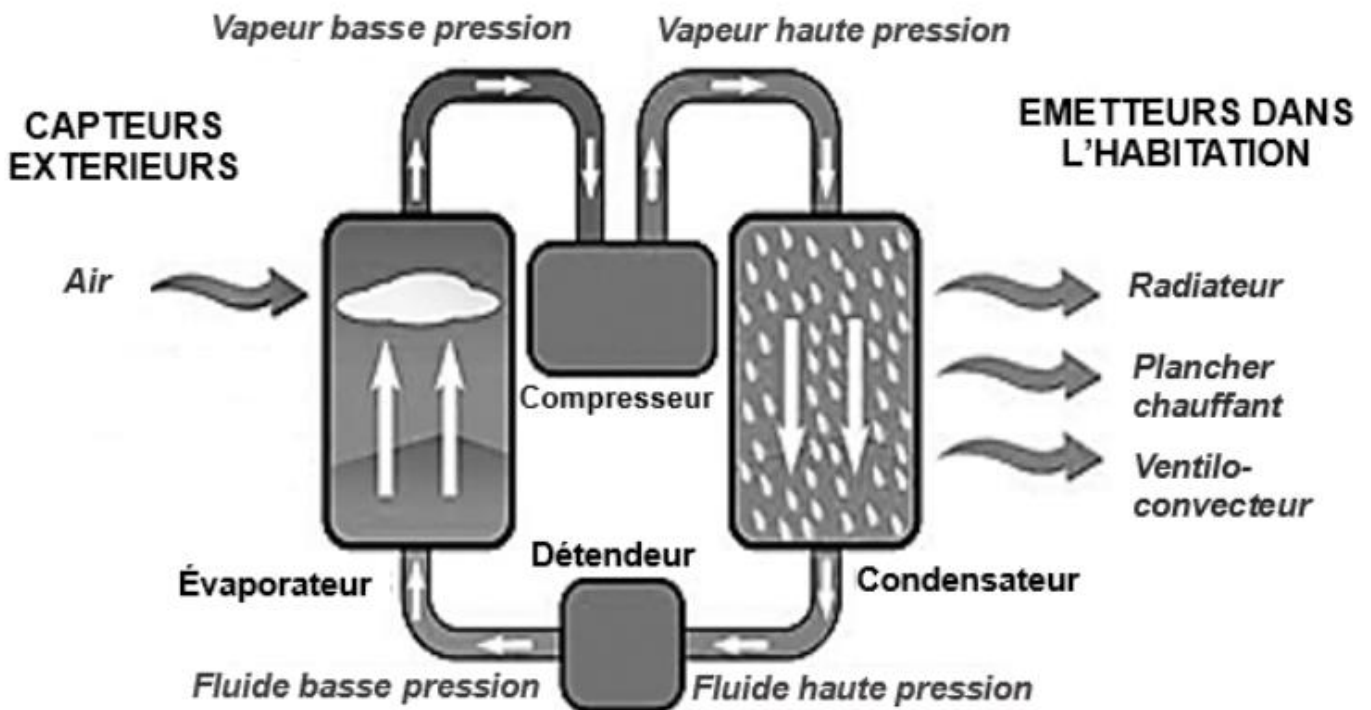


Figure 1. Fonctionnement d'une pompe à chaleur.

Le coefficient de performance, ou CoP, d'une PAC est défini comme le quotient entre la valeur absolue de l'énergie utile, c'est-à-dire la valeur du transfert thermique cédé à la source à chauffer, et l'énergie électrique consommée nécessaire à son fonctionnement. Le CoP d'une PAC dépend de la technologie employée.

Le système d'étude choisi ici est le fluide caloporteur. Il subit des cycles de transformations au cours desquels il passe successivement de l'état liquide à l'état gazeux, et inversement.

À la fin de chaque cycle parcouru, le fluide caloporteur de la PAC se retrouve dans le même état physique qu'au début du cycle, les températures et pressions sont donc les mêmes.

1. Q_F , Q_C et W_e sont les deux transferts thermiques et le travail algébriquement reçu par le fluide caloporteur, respectivement de l'air extérieur, du logement à chauffer et du réseau électrique. Recopier sur la copie le schéma de la chaîne énergétique d'une pompe à chaleur (figure 2) et le compléter avec les termes suivants : source froide, source chaude, réseau électrique, Q_F , Q_C , et W_e .

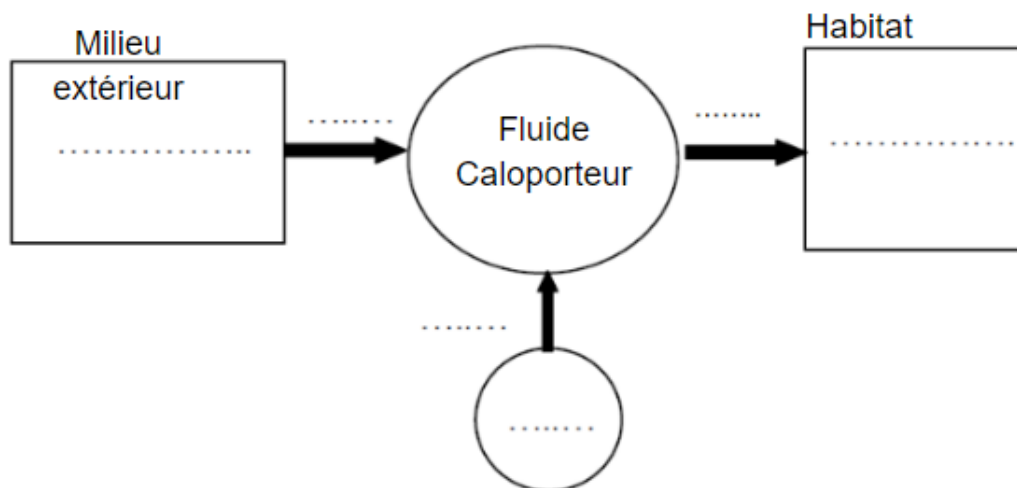


Figure 2. Schéma de la chaîne énergétique d'une pompe à chaleur.

2. Indiquer, en expliquant, la valeur de la variation d'énergie interne ΔU du système {fluide caloporteur} au cours d'un nombre entier de cycles thermiques.
3. À partir du premier principe de la thermodynamique appliqué au système {fluide caloporteur}, établir la relation entre Q_F , Q_C et W_e .

La pompe à chaleur étudiée est telle que les transferts d'énergie mis en jeu au cours d'un cycle de transformations, sous forme thermique, vérifient la relation : $Q_F = \frac{-2 \times Q_C}{3}$.

4. À partir de cette dernière relation, vérifier que la valeur du CoP dans le cas étudié est égale à 3.

Le transfert thermique cédé par un radiateur électrique est considéré comme égal au travail électrique fourni.

5. En déduire l'intérêt d'une pompe à chaleur en comparant la consommation électrique d'une PAC à celle d'un radiateur électrique pour un même chauffage du logement.

EXTRAIT BAC 5

Pour obtenir des objets en céramique, il faut les placer à l'intérieur d'un four adapté. Les objets sont introduits dans le four à température ambiante, chauffés progressivement jusqu'à atteindre 1000 °C (phase 1) et maintenus à cette température pendant une durée précise pour obtenir une céramique réussie (phase 2).

L'objectif de cet exercice est d'évaluer la consommation de gaz d'un four lors des deux phases de la cuisson.

DOCUMENT 1 - Le four

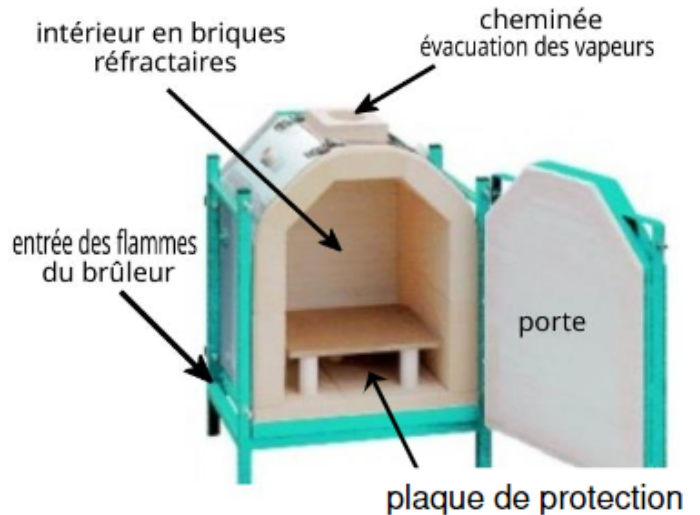
Une fois allumé, un brûleur à propane est placé devant l'entrée en bas du four. Les flammes jaillissent à l'intérieur sous une plaque de protection sur laquelle sont placées les pièces à cuire.

L'intérieur du four est fabriqué en briques réfractaires, dotées d'une grande résistance thermique.

Au sommet du four, une cheminée permet d'évacuer l'air et les vapeurs.

Caractéristiques du four

- Capacité thermique massique : $c_f = 800 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$
- Masse du four : $m_f = 120 \text{ kg}$



DOCUMENT 2 - Bouteille de propane

Pour la cuisson, on utilise du propane, gaz combustible, dont les caractéristiques sont les suivantes :

- Masse molaire du propane : $M = 44,1 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$
- Énergie molaire libérée lors de la combustion du propane : $E_n = 2004 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

Rappels

- $T(\text{K}) = \theta (\text{°C}) + 273,15$
- La variation de l'énergie interne ΔU d'un système incompressible de masse m et de capacité thermique massique c , dont la température passe de θ_i à θ_f , est donnée par la relation :

$$\Delta U = m \times c \times (\theta_f - \theta_i).$$

Données

- Le débit massique de gaz en sortie de bouteille, D , en $\text{g}\cdot\text{h}^{-1}$, est la masse de gaz, en gramme, cédée par la bouteille durant 1 h.

On veut déterminer la quantité de gaz brûlée dans le four pour élever sa température de $\theta_i = 20\text{ °C}$ à $\theta_f = 1000\text{ °C}$.

1. Calculer la variation d'énergie interne ΔU du système { four } lorsque sa température passe de θ_i à θ_f .
2. Appliquer le premier principe de la thermodynamique au système { four } et en déduire la valeur de la quantité d'énergie Q reçue par le système par transfert thermique.

Lors de la phase de chauffe, la combustion du gaz dégage une quantité de chaleur Q_A supérieure à Q car 33 % de la quantité Q_A est perdue lors de la chauffe.

3. Montrer que la quantité d'énergie thermique Q_A que doit fournir la combustion du gaz a pour valeur $Q_A = 1,4 \times 10^8\text{ J}$.
4. Déduire des questions précédentes la valeur de la masse m_g de gaz nécessaire pour atteindre la température θ_f .
5. En supposant que, pour cette phase, le débit du gaz en sortie de bouteille est constant et vaut $D = 1250\text{ g}\cdot\text{h}^{-1}$, déterminer la valeur de la durée Δt_A nécessaire pour que la température du four atteigne la valeur souhaitée.

EXTRAIT BAC 6

Un particulier désire élever de quelques degrés la température de sa petite piscine hors sol à l'aide d'un dispositif simple, peu coûteux et écologique. Dans un guide de piscines, il trouve la documentation suivante :

« Le tapis solaire est un moyen écologique et économique de chauffer sa piscine. Le tapis solaire se compose de tuyaux souples en PVC de couleur noire assemblés.

Le principe est simple : les tuyaux emmagasinent l'énergie provenant des rayons du soleil. L'eau de la piscine est aspirée via une pompe et elle passe par les tuyaux où elle est chauffée. Elle repart ensuite dans le bassin. »

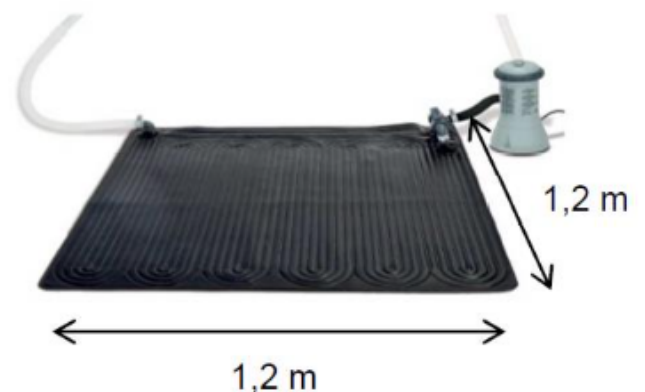


Figure 1 : Un tapis solaire (source : intex.fr)

Le tapis solaire est doté de connecteurs qui permettent de relier entre eux jusqu'à 6 tapis en série, en fonction du volume d'eau de la piscine à chauffer.

Le tapis solaire est doté de connecteurs qui permettent de relier entre eux jusqu'à 6 tapis en série, en fonction du volume d'eau de la piscine à chauffer.

Volume V d'eau dans la piscine en m^3	$0,9 \leq V \leq 5$	$5 \leq V \leq 8$	$8 \leq V \leq 12$	$12 \leq V \leq 16$	$16 \leq V \leq 20$	$20 \leq V \leq 25$
Nombre de tapis recommandé	1	2	3	4	5	6

Un tapis est un carré de 1,2 m de côté.

Données :

- Masse volumique de l'eau : $\rho_{eau} = 1000 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$;
- Capacité thermique massique de l'eau : $c_{eau} = 4180 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$;
- Relation liant la température absolue T en kelvin (K) et la température θ en degré Celsius ($^{\circ}\text{C}$) :

$$T(\text{K}) = \theta(^{\circ}\text{C}) + 273,15$$
 ;
- Le rendement η d'un capteur solaire est défini par le rapport de la puissance utile fournie par le capteur sur la puissance thermique incidente du rayonnement solaire arrivant sur la surface du capteur, c'est-à-dire $\eta = \frac{P_u}{P_i}$ et le rendement d'un tapis solaire a pour valeur $\eta = 0,21$;
- 1 kWh = $3,6 \times 10^6 \text{ J}$;
- Coût d'un kWh : 0,16 euro ;
- Les caractéristiques de la piscine sont les suivantes :
 - Hauteur d'eau dans la piscine $h = 1,3 \text{ m}$;
 - Surface du bassin de la piscine $S = 8,0 \text{ m}^2$.

Pendant le jour, les rayons du soleil parviennent à la surface de l'eau qui se réchauffe. On admet que l'eau de la piscine reçoit, au cours de la journée, une puissance thermique surfacique moyenne $P_{S1} = 170 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ pendant une durée de 12 h.

Partie A : Bilan énergétique moyen sur une journée en l'absence de tapis solaires

- A.1.** Montrer que la valeur du transfert thermique Q_1 reçu par l'eau de la piscine pendant ces 12 h est proche de $6 \times 10^7 \text{ J}$.
- A.2.** Énoncer le premier principe de la thermodynamique.
- A.3.** À l'aide de ce principe, déterminer la valeur de l'augmentation $\Delta\theta_1$ de la température de l'eau de la piscine.
- A.4.** En fin de journée, l'eau de la piscine a une température qui se situe autour de $24 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Pendant la nuit, on considère que la température de l'air ambiant chute autour de $15 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Justifier que l'eau de piscine va se refroidir au cours de la nuit.
- A.5.** Proposer une solution simple pour éviter les déperditions thermiques.

Partie B : Chauffage de la piscine à l'aide de tapis solaires

Pour élever de quelques degrés la température de l'eau de la piscine à un faible coût, le particulier décide de l'équiper de tapis solaires qu'il raccorde à la pompe lui permettant de filtrer l'eau.

- ~~B.1. Identifier le mode de transfert thermique qui explique :~~
~~- que le matériau des tapis se réchauffe ;~~
~~- que l'eau qui circule dans les tapis se réchauffe.~~
- B.2.** Déterminer la valeur de la puissance thermique incidente P_i du rayonnement solaire qui arrive sur un seul tapis.
- B.3.** Déterminer la valeur de la puissance thermique P_U fournie par ce tapis à l'eau.
- B.4.** On suppose que la saison dure 3 mois à raison de 12 h de chauffage solaire par jour. Sachant qu'un tapis coûte 20 euros, indiquer si le coût d'investissement pour l'achat des tapis recommandés pour réchauffer la piscine sera amorti en fin de saison si on le compare au coût de la consommation d'un chauffage électrique.