

# PREMIER PRINCIPE DE LA THERMODYNAMIQUE

## BILANS ENERGETIQUES

Sujet 1 : Concours GEIPI 2017

Sujet 2 : Transfert thermique lors du chauffage – Pondichéry – Juin 2015

### 1°) Le café de Charles

Charles a l'habitude de prendre son café bien chaud.

Il utilise un gobelet en verre contenant un volume  $V = 300$  mL de café, initialement à une température de  $T_1 = 66$  °C. Il laisse son gobelet dans son salon qui est à une température de  $T_2 = 18$  °C.

Progressivement, la température du café diminue pour finalement se stabiliser à la température de la pièce.

Au cours de cette transformation thermodynamique, l'énergie interne du café varie.

#### Données.

- Masse volumique du café  $\rho_c = 1,00$  kg/L
  - Capacité calorifique massique du café  $c = 4\,200$  S.I.
  - Constante de pesanteur  $g = 9,81$  m/s<sup>2</sup>
1. A travers l'exemple du gobelet en verre qui contient le café chaud, rappeler les notions de système et plus précisément de système fermé, de grandeurs macroscopiques et microscopiques.
  2. Définir l'énergie totale d'un système. Introduire la notion d'énergie interne.
  3. De manière générale, quel est l'origine microscopique de la variation d'énergie totale ? Rappeler les deux modes de transfert de l'énergie entre un système et le milieu extérieur. Rappeler les conventions algébriques de ces modes de transfert.  
Dans le cas du changement de température du café dans le gobelet en verre :
    - le travail est reçu par le café, perdu par le café ou nul ?
    - la quantité de chaleur est reçue par le café, perdue par le café ou nulle ?
  4. Rappeler l'expression du premier principe de la thermodynamique de manière générale. L'appliquer au cas particulier d'un tel système.
  5. Donner l'expression de la variation d'énergie interne du café  $\Delta U$  en fonction des températures  $T_1$  et  $T_2$ . Préciser les unités de chaque terme (En particulier l'unité de la capacité calorifique massique). Calculer la variation d'énergie interne  $\Delta U$ .

Charles se rend compte que le café est trop froid, et n'est plus à son goût. Il décide de le réchauffer cette fois-ci en utilisant son four à micro-ondes. Pour cela, il le règle sur la position 3 et durant 30 secondes. Le café atteint une température  $T_3 = 39,5$  °C.

On rappelle que la relation entre la quantité de chaleur  $Q$  et la puissance thermique  $P$  lorsque celle-ci est constante s'écrit :  $|Q| = P \cdot \Delta t$

6. Donner l'expression puis calculer la quantité de chaleur échangée entre le four et le café. A quelle chute de hauteur correspond cette énergie ? A quelle chute d'une masse  $m$  depuis le 4<sup>ème</sup> étage du lycée Montaigne de Physique cela correspond-t-il ?  
On formule l'hypothèse qu'un étage correspond environ à 2,50 m de hauteur.
7. Durant cette transformation, la quantité de chaleur est reçue par le café, perdue par le café ou nulle ?
8. À quelle puissance thermique correspond la position 3 du four ?

### 2°) La pompe à chaleur

Parmi les divers équipements publics ou privés, les piscines sont souvent considérées comme énergivores. Les pompes à chaleur sont des dispositifs désormais préconisés pour le chauffage de ces bassins d'eau. 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 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.

#### Données :

- système étudié : le fluide frigorigène de la PAC ;
- capacité thermique massique de l'eau liquide :  $c_{\text{eau}} = 4,2$  kJ.kg<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup> ;
- masse volumique de l'eau liquide :  $\rho_{\text{eau}} = 1000$  kg.m<sup>3</sup> dans les conditions de l'étude.

#### Fonctionnement global de la pompe à chaleur

9. Construire le schéma énergétique d'une pompe à chaleur. Y faire apparaître la source froide (préciser sa nature), le fluide, l'eau du bassin à chauffer.  
Y faire apparaître les transferts d'énergie :
  - $Q_f$  énergie transférée de l'air extérieur au fluide de la PAC ;
  - $Q_c$  énergie transférée par le fluide de la PAC à la piscine ;
  - $W_e$  énergie électrique consommée par la PAC et transférée intégralement au fluide de la PAC sous une autre forme.
10. Quel est l'intérêt économique et écologique de la source froide ?
11. Des transferts d'énergie  $Q_c$ ,  $Q_f$  et  $W_e$ , indiquer ceux qui correspondent à une énergie reçue par le fluide de la PAC et ceux qui correspondent à de l'énergie cédée par le fluide de la PAC.
12. Montrer que pour un cycle du fluide, on a l'égalité  $Q_c = Q_f + W_e$ .

#### Étude du fluide frigorigène

Le fluide frigorigène est un mélange choisi pour ses propriétés thermiques. Il circule dans des tuyaux à l'intérieur de la PAC et n'est donc jamais en contact direct avec l'air extérieur.

13. Nommer le changement d'état que subit le fluide frigorigène contenu dans la PAC lors de son passage dans le vaporisateur. Lors de ce changement d'état, le fluide frigorigène a-t-il reçu ou cédé de l'énergie ?

#### 3. Chauffage de l'eau du bassin d'une piscine

Après remplissage d'une piscine de volume  $V = 560$  m<sup>3</sup> 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.

14. Calculer la variation d'énergie interne de l'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.
15. On a mesuré l'énergie électrique  $W_e$  consommée (et facturée) pendant ce transfert et trouvé une valeur égale à  $W_e = 8,0 \times 10^9$  J. Déterminer la valeur de  $Q_f$ , l'énergie transférée par l'air extérieur.
16. Le coefficient de performance  $\eta$  de la PAC est plus ou moins élevé selon la technologie, la source renouvelable ou l'usage de la PAC. Plus le coefficient de performance est élevé, plus la quantité d'énergie électrique nécessaire pour faire fonctionner la pompe est faible par rapport à la quantité d'énergie renouvelable prélevée au milieu.

Le coefficient de performance  $\eta$  d'une pompe à chaleur traduit donc la performance énergétique de celle-ci. Il est défini par le rapport de l'énergie utile fournie par la PAC sur l'énergie électrique requise pour son fonctionnement. La valeur de ce coefficient  $\eta$  est généralement comprise entre 2,5 et 5. Elle dépend de la conception et du type de PAC, mais aussi de la température extérieure de la source froide.

Exprimer, puis calculer le coefficient de performance  $\eta$  de la PAC.

#### 4. Enjeux énergétiques

17. Montrer qu'avec une PAC de coefficient de performance  $\eta = 3,0$ , on réalise 67 % d'économie sur sa facture en énergie électrique par rapport à un chauffage direct utilisant, par exemple, une résistance électrique.
18. En conclusion. En quoi l'utilisation de pompes à chaleur apporte-t-elle une réponse à des problématiques énergétiques contemporaines ? Quels sont les inconvénients d'une pompe à chaleur ? Les inconvénients ?