# Correction des exercices – Ch15

## 4 Connaître les limites du modèle du gaz parfait

| Mobiliser ses connaissances.

• Répondre par Vrai ou Faux pour chaque proposition ci-dessous.

Un gaz est parfait :

Faux a si la distance qui sépare deux molécules du gaz est en moyenne très petite.

Faux b s'il est fortement comprimé.

Vrai c si le volume qu'il occupe est très grand par rapport au nombre de particules présentes.

Faux d si le nombre de chocs entre particules du gaz est élevé.

## 6 Utiliser le volume molaire

| Utiliser un modèle pour prévoir.

• Calculer la pression d'un gaz parfait dont le volume molaire est égal à 23,0 $L \cdot mol^{-1}$ à 15,0 °C.

**Données**

- Équation d'état du gaz parfait : $P \times V = n \times R \times T$.
- Constante des gaz parfaits : $R = 8{,}314\ Pa \cdot m^3 \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$.
- Conversion des températures : $T(K) = \theta(°C) + 273$.

D'après l'équation des gaz parfaits : $P \times V = n \times R \times T$

Soit $\frac{V}{n} = \frac{R \times T}{P}$

Mais , par définition $n = \frac{V}{V_m}$ d'où $V_m = \frac{V}{n}$

Ainsi $V_m = \frac{RT}{P}$

Donc $P = \frac{R \times T}{V_m}$

AN : $P = \frac{8{,}314 \times (273{,}15 + 15)}{23{,}0 \cdot 10^{-3}} = 1{,}04 \cdot 10^5\ Pa$

# Correction des exercices – Ch15

## 8 Calculer une masse volumique

| Mobiliser et organiser ses connaissances.

La masse volumique de l'air assimilé à un gaz parfait dans les conditions normales de température et de pression ($T_1 = 273$ K et $P_1 = 1{,}013 \times 10^5$ Pa) est 1,293 g·L$^{-1}$.

- Calculer la masse volumique de l'air dans les conditions standard de température et de pression ($T_2 = 298$ K et $P_2 = 1{,}000 \times 10^5$ Pa).

**Données**

- Équation d'état du gaz parfait : $P \times V = n \times R \times T$.
- Constante des gaz parfaits : $R = 8{,}314$ Pa·m$^3$·mol$^{-1}$·K$^{-1}$.

**Par définition,** $\rho = \frac{m}{V}$ or $m = n \times M$ donc $\rho = \frac{n \times M}{V}$

**Donc** $n = \frac{\rho \times V}{M}$ (1)

**Et d'après l'équation des gaz parfaits :** $PV = nRT$

donc $n = \frac{PV}{RT}$ (2)

**Ainsi :**

$$\frac{\rho \cancel{V}}{M} = \frac{P \cancel{V}}{RT} \quad \text{soit} \quad \rho = \frac{P.M}{R.T}$$

Donc, si 1 désigne les conditions normales et 2 les conditions standards, alors :

$$\rho_1 = \frac{P_1 . M}{R . T_1} \quad \text{et} \quad \rho_2 = \frac{P_2 . M}{R . T_2}$$

donc $$\frac{\rho_1 . T_1}{P_1} = \frac{\rho_2 . T_2}{P_2}$$

et $$\rho_2 = \frac{\rho_1 . T_1 . P_2}{P_1 . T_2}$$

AN : $\rho_2 = 1{,}17$ g.L$^{-1}$

# Correction des exercices – Ch15

## 10 Citer les différentes contributions à l’énergie interne

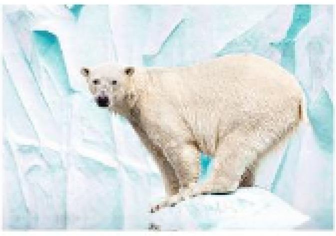
| Faire preuve d’esprit critique.

• L’affirmation suivante est-elle correcte ?
« Lorsqu’un solide cristallin au repos macroscopique s’échauffe, son énergie cinétique microscopique augmente, son énergie potentielle microscopique augmente, donc son énergie interne augmente. »

Oui

## 12 Connaître l’énergie microscopique (2)

| Rédiger une explication.



Le dérèglement climatique entraîne la fonte de la banquise et la destruction de l’habitat des ours polaires. Celui de la photographie ci-contre est en équilibre sur la partie émergée d’un iceberg qui fond lentement.

**1.** Indiquer comment évolue l’énergie cinétique microscopique des pattes de l’ours.

**2.** L’énergie potentielle microscopique de l’iceberg est-elle modifiée lors de sa fonte?

**1°) Les pattes de l’ours polaire en contact avec l’iceberg se refroidissent localement ; l’agitation thermique des entités qui les constituent diminue ; donc l’énergie cinétique microscopique des pattes de l’ours diminue.**

**2°) Si la glace est fondante, l’énergie potentielle microscopique d’interaction de l’iceberg, liée au changement d’état, est modifiée puisque qu’il y a fusion.**

# Correction des exercices – Ch15

## 14 Distinguer des variations d'énergie (2)

| Rédiger une explication.

En pelote à main nue, lors d'un engagement, la balle en cuir appelée pelote s'échauffe.

- Relier le début et la fin des phrases.

L'énergie cinétique macroscopique de la pelote

L'énergie cinétique microscopique de la pelote

L'énergie potentielle macroscopique de la pelote

L'énergie potentielle microscopique de la pelote

est liée à son état physique.

est liée à son altitude.

est liée à sa température.

est liée à sa vitesse.

## 16 Reconnaître le mode de transfert de l'énergie (2)

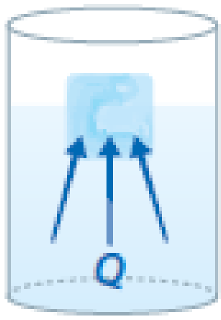
| Mobiliser et organiser ses connaissances.

Un glaçon, placé dans un verre d'eau, fond.

**1.** Schématiser la situation.

**2.** Sur le schéma, indiquer par des flèches le sens et le mode de transfert d'énergie (travail $W$ ou transfert thermique $Q$) entre le système {glaçon} et l'eau.

**3.** Préciser le signe de ce transfert.




**2°) L'eau liquide, plus chaude que le glaçon, cède de l'énergie par transfert thermique au glaçon.**

**3°) Le système {glaçon} reçoit un transfert thermique, donc Q > 0.**

# Correction des exercices – Ch15

## 18 Énoncer le premier principe

Utiliser un vocabulaire scientifique adapté et rigoureux.

L'eau de la théière ci-contre est chauffée jusqu'à la température de 80 °C. On néglige tout échange par le bec verseur.

**1.** Identifier les transferts d'énergie entre le système {eau et théière} et le milieu extérieur.

**2.** Énoncer puis écrire le premier principe pour ce système.

**1°) Le système {eau et théière} reçoit un transfert thermique $Q_1$ de la part de la plaque chauffante mais cède aussi un transfert thermique $Q_2$ à l'air ambiant (la température de surface du métal est plus élevée que celle de l'air ambiant).**

**2°) D'après le premier principe de la thermodynamique, pour le système {eau et théière}, la variation d'énergie interne $\Delta U = Q + W$ est égale à la somme de toutes les énergies transférées par travail W et par transfert thermique Q.**
**Or, il n'y a pas de transfert d'énergie par travail. Donc : $\Delta U = Q_1 + Q_2$.**
**Remarque : $Q_1 > 0$ car le système reçoit effectivement de l'énergie de la part de la plaque chauffante ; $Q_2 < 0$ car le système cède effectivement de l'énergie à l'air ambiant.**

## 20 Utiliser le premier principe (2)

Mobiliser et organiser ses connaissances.

Pour préparer un cocktail sans alcool, une barmaid mélange dans un shaker 35 cL de jus d'orange et 5 cL de jus de citron vert. On admettra que le shaker est un récipient hermétique qui n'échange pas d'énergie avec le milieu extérieur pendant la durée de préparation du cocktail.
Le shaker et le jus de citron sont à 20 °C initialement. Le jus d'orange est à 5 °C.

**1.** Écrire le premier principe pour le système {shaker, jus de citron vert et jus d'orange} entre le moment où les ingrédients sont introduits et la fin du mélange.

**2.** Le cocktail est versé dans un verre en terrasse où la température est égale à 30 °C. Identifier le corps duquel le cocktail reçoit de l'énergie par transfert thermique.

**1°) D'après le premier principe de la thermodynamique, pour le système {shaker, jus de citron vert et jus d'orange}, entre l'état initial (introduction des ingrédients) et l'état final (fin du mélange), $\Delta U_{i\_\rightarrow f} = Q + W$.**
**Or, le shaker est un récipient qui ne permet pas d'échange d'énergie avec l'extérieur ni par transfert thermique (Q = 0) ni par travail (W = 0) ;**
**d'où : $\Delta U_{i\_\rightarrow f} = 0$.**

**2°) La température du verre est celle de l'air extérieur. Le système {shaker, jus de citron vert et jus d'orange}, en équilibre thermique après mélange, est plus froid que le verre dans lequel il est placé.**

**Le système reçoit donc de l'énergie sous forme d'un transfert thermique Q de la part du verre : le système se réchauffe.**

# Correction des exercices – Ch15

## 22 Calculer une variation d'énergie interne

| Effectuer des calculs.

Pour préparer une soupe « miso » instantanée, on verse sur le contenu du sachet une masse $m$ d'eau de 150 g initialement à la température $\theta_i = 20$ °C. Le système {eau} est considéré comme incompressible.

On néglige l'influence du contenu du sachet.
On chauffe l'eau pour l'amener à la température finale souhaitée $\theta_f$.

**1.** Exprimer la variation d'énergie interne $\Delta U_{i \to f}$ de l'eau, en fonction notamment de sa masse et de sa variation de température entre l'état initial et l'état final.

**2.** La variation d'énergie interne $\Delta U_{i \to f}$ de l'eau à obtenir, pour que la température de l'eau atteigne la valeur finale souhaitée $\theta_f$, est égale à $4{,}2 \times 10^4$ J. Calculer $\theta_f$.

**Donnée**

Capacité thermique massique de l'eau :
$c_{eau} = 4{,}18 \times 10^3 \text{ J·kg}^{-1}\text{·°C}^{-1}$

**1°) D'après le 1er principe :** $\Delta U_{i \to f} = Q + W = Q$ car $W = 0$ J.

donc $\Delta U_{i \to f} = m \cdot c_{eau} \cdot (\theta_f - \theta_i)$

**2°) On en déduit de la question précédente :**

$$\theta_f = \frac{\Delta U_{i \to f}}{m \cdot c_{eau}} + \theta_i$$

AN : $$\theta_f = \frac{4{,}21 . 10^4}{150 . 10^{-3} \times 4{,}18 . 10^3} + 20$$

$$= \underline{87 \text{ °C}}$$

## 24 Aluminium, toujours !

Mobiliser et organiser ses connaissances ; effectuer des calculs.

L'aluminium est l'élément métallique le plus abondant dans l'écorce terrestre. Pour réaliser des bâtiments, il est utilisé en alliage avec du magnésium. L'alliage est composé de 90 % en masse d'aluminium et 10 % en masse de magnésium.

Pour améliorer sa résistance mécanique, une pièce d'alliage de masse $m = 10$ kg subit une trempe thermique. Pour cela, elle est portée à haute température $\theta_1 = 540$ °C, puis refroidie rapidement dans un bain d'eau de masse $m_{eau} = 1{,}00$ tonne et de température initiale $\theta_2 = 19$ °C. Lors de la trempe thermique, il est nécessaire de prévoir l'élévation maximale de la température du bain. L'eau et l'alliage sont supposés incompressibles.

**1.** La capacité thermique massique d'un alliage est égale à la somme des capacités thermiques massiques de ses constituants coefficientées par leur pourcentage massique. Montrer que la capacité thermique massique de l'alliage d'aluminium est $c = 909\ \text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot{}^\circ\text{C}^{-1}$.

**2. a.** Quelle est la forme d'énergie du système 1 {pièce d'alliage} qui est modifiée lorsqu'il vient au contact de l'eau ?
**b.** Exprimer la variation d'énergie interne $\Delta U_1$ du système 1, puis $\Delta U_2$ du système 2 {eau du bain} au cours de la trempe.

**3.** On néglige tout échange avec l'air ou la cuve contenant l'eau.
**a.** Écrire le premier principe pour le système 1, puis pour le système 2.
**b.** En déduire que $\Delta U_1 = -\Delta U_2$.

**4.** À l'aide des réponses précédentes, calculer la température finale du bain $\theta_f$.

**Données**

Capacités thermiques massiques :
– de l'aluminium : $c_{Al(s)} = 897\ \text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot{}^\circ\text{C}^{-1}$.
– du magnésium : $c_{Mg(s)} = 1{,}02 \times 10^3\ \text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot{}^\circ\text{C}^{-1}$.
– de l'eau : $c_{eau(l)} = 4{,}18 \times 10^3\ \text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot{}^\circ\text{C}^{-1}$.

# Correction des exercices – Ch15

1°) L'alliage est composé de 90 % en masse d'aluminium et 10 % en masse de magnésium, et sa capacité thermique massique est égale à la somme des capacités thermiques massiques de ses constituants coefficientées par leur pourcentage massique. La capacité thermique massique de l'alliage est donc :

$$c = \frac{90}{100} \times c_{Al} + \frac{10}{100} \times c_{Mg}$$

$$= 0{,}9 \times 897 + 0{,}1 \times 1{,}02.10^{3}$$

$$= \underline{9{,}09.10^{2}} \ J.kg^{-1}.°C^{-1}$$

CQFD

2°) a) La température du système 1 {pièce d'alliage} augmente lorsqu'il vient au contact de l'eau plus chaude. Donc la forme d'énergie du système 1 qui est modifiée est son énergie cinétique microscopique liée à l'agitation thermique des entités qui constituent l'alliage.

2°) b) Pour le système 1 {pièce d'alliage} :

– État initial : début de la trempe, le système 1 est à la température $\theta_1$.
– État final : fin de la trempe, le système 1 est à la température $\theta_f$.
– L'expression de la variation d'énergie interne du système 1, incompressible, de l'état initial à l'état final, est : $\Delta U_1 = m \times c \times (\theta_f - \theta_1)$.

De même, pour le système 2 {eau du bain} :

– État initial : début de la trempe, le système 2 est à la température $\theta_2$.
– État final : fin de la trempe, le système 2 est à la température $\theta_f$.
– L'expression de la variation d'énergie interne du système 2, incompressible, de l'état initial à l'état final, est : $\Delta U_2 = m_{eau} \times c_{eau} \times (\theta_f - \theta_2)$.

3°) a) D'après le premier principe de la thermodynamique, pour le système, entre l'état initial et l'état final, $\Delta U_{i \to f} = Q + W$.
Or, le système 1 reçoit de l'énergie du milieu extérieur (l'eau du bain) exclusivement par transfert thermique $Q_1$. Donc le transfert par travail W = 0 d'où $\Delta U_1 = Q_1$.
De plus, le système 2 cède de l'énergie au milieu extérieur (pièce d'alliage) exclusivement par transfert thermique $Q_2$. Donc W = 0 d'où $\Delta U_2 = Q_2$.

3°) b) le système 1 + 2 {pièce d'alliage et eau du bain} n'échange aucune énergie ni par transfert thermique ni par travail avec l'extérieur.
D'après le premier principe de la thermodynamique, pour le système 1 + 2, entre l'état initial et l'état final, $\Delta U_{i \to f} = Q + W = 0$ avec $\Delta U_{i \to f} = \Delta U_1 + \Delta U_2$

soit $\Delta U_1 + \Delta U_2 = 0$ ;

donc $\Delta U_1 = -\Delta U_2$. CQFD

4°) D'après la question précédente :

$$m \cdot c \cdot (\theta_f - \theta_1) = -m_{eau} \cdot c_{eau} \cdot (\theta_f - \theta_2)$$

Soit en développant puis en factorisant par $\theta_f$ :

$$\theta_f = \frac{m \cdot c \cdot \theta_1 + m_{eau} \cdot c_{eau} \cdot \theta_2}{(m \cdot c + m_{eau} \cdot c_{eau})}$$

AU : $\theta_f = 20\ °C$

## 27 À chacun son rythme

### Info ou intox ?

Mobiliser et organiser ses connaissances ; effectuer des calculs ; rédiger une explication.

Un ballon d'eau chaude contient un volume $V$ d'eau de 80 L. Lors du premier remplissage, l'eau initialement à 17,0 °C est chauffée jusqu'à $\theta_f = 65{,}0$ °C. Les pertes thermiques sont négligées. L'eau est supposée incompressible.

**A** Extrait de la notice d'un chauffe-eau électrique

| | |
|---|---|
| Emplacement | Vertical ou horizontal |
| Capacité | 80 litres |
| Alimentation | 230 V monophasé |
| Temps de chauffe réel à 50 °C | 3 h 00 |
| Classe énergétique | B |
| Puissance nominale | 1 500 W |

**Énoncé compact**

La durée de chauffe annoncée est-elle correcte ?

**Énoncé détaillé**

**1.** Calculer la variation d'énergie interne $\Delta U_1$ du système {eau contenue dans le ballon}.

**2.** Rappeler le premier principe pour ce système, et en déduire le transfert thermique $Q_1$ apporté au système par le conducteur ohmique chauffant.

**3.** Exprimer le transfert thermique minimal $Q_1$ en fonction de la puissance électrique et de la durée de chauffe minimale $\Delta t_1$. On rappelle que le conducteur ohmique restitue intégralement à l'eau, par transfert thermique, l'énergie qu'il reçoit par travail électrique.

# Correction des exercices – Ch15

**4.** Calculer $\Delta t_1$.

**5.** La durée de chauffe annoncée est-elle correcte ?

**Données**

- Capacité thermique massique de l'eau : $c_{eau} = 4{,}18 \times 10^3\ \text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot {}^\circ\text{C}^{-1}$.
- Masse volumique de l'eau : $\rho_{eau} = 1\,000\ \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

**Dans un premier temps, il faut déterminer la quantité d'énergie utile pour chauffer l'eau du ballon.**

$$\Delta U_1 = m_{eau} \cdot c_{eau} \cdot (\theta_f - \theta_i)$$
$$= \rho \cdot V \cdot c_{eau} \cdot (\theta_f - \theta_i)$$

**D'après le 1er principe de la thermodynamique,** $\Delta U_{i \to f} = Q + W$

**mais le système {eau du ballon} reçoit de l'énergie exclusivement par transfert thermique donc :**

$$\Delta U_{i \to f} = \Delta U_1 = Q_1$$

**Ce transfert thermique est assuré par le conducteur ohmique, dont l'énergie provient d'un travail électrique d'où :** $Q_1 = W_{élec}$

**Mais** $W_{élec} = P_{élec} \times \Delta t_1$

**Donc** $Q_1 = \Delta U_1 = P_{élec} \times \Delta t_1$

$$\text{soit } \Delta t_1 = \frac{\Delta U_1}{P_{élec}} = \frac{\rho \cdot V \cdot c_{eau} (\theta_f - \theta_i)}{P_{élec}}$$

$$\text{AN : } \Delta t_1 = 1{,}1 \cdot 10^4\ \text{s} \quad \text{soit } 3\ \text{h environ}$$

**La durée annoncée par le constructeur est correcte.**

# Correction des exercices – Ch15

## 28 Musique !

Extraire et exploiter des informations ; effectuer des calculs.

On souhaite déterminer la capacité thermique massique $c_2$ d'un laiton.

**A Laiton**

Le laiton est un alliage de cuivre et de zinc, utilisé notamment pour fabriquer des instruments de musique.

Lors de cette fabrication, on recherche du laiton ayant un pourcentage massique de 80 % en cuivre et 20 % en zinc.

**B Capacités thermiques**

| Pourcentage massique | | Capacité thermique massique du laiton ($J \cdot kg^{-1} \cdot °C^{-1}$) |
|---|---|---|
| en cuivre | en zinc | |
| 90 | 10 | 386 |
| 80 | 20 | 388 |
| 70 | 30 | 390 |

**C Calorimètre**

Un calorimètre est une enceinte dans laquelle il n'y a pas de transfert thermique $Q$ entre l'extérieur et l'intérieur.
À l'intérieur du calorimètre, $\Sigma Q = 0$ J.

Le laiton, le calorimètre et l'eau liquide sont incompressibles. Les pertes thermiques sont négligées.
On dispose d'un calorimètre de capacité thermique $C = 225$ $J \cdot °C^{-1}$ et contenant une masse d'eau $m_1 = 300$ g. L'ensemble est à la température $\theta_1 = 18{,}0$ °C.
L'échantillon de laiton de masse $m_2 = 100$ g est placé dans une étuve à une température fixée $\theta_2 = 92{,}0$ °C.
On le plonge ensuite rapidement dans le calorimètre et l'eau. La température finale de l'ensemble est $\theta_f = 19{,}9$ °C.

**1.** Schématiser la situation initiale et indiquer, à l'aide de flèches, le sens des transferts thermiques entre le sous-système 1 {calorimètre et eau} et le sous-système 2 {laiton}.

**2.** Calculer la variation d'énergie interne $\Delta U_1$ du sous-système 1.

**3.** Exprimer la variation d'énergie interne $\Delta U_2$ du sous-système 2.

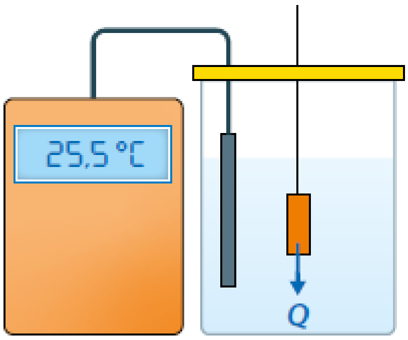
**4. a.** Montrer que $\Delta U_1 + \Delta U_2 = 0$ J.
**b.** À l'aide des réponses précédentes, exprimer puis calculer la capacité thermique massique $c_2$ du laiton.

**5. a.** Cet échantillon de laiton est-il utilisable pour la fabrication d'un instrument de musique ?
**b.** Le pronostic émis à l'issue de cette expérience est-il sûr ?

**Donnée**

Capacité thermique massique de l'eau :
$c_{eau} = 4{,}18 \times 10^3$ $J \cdot kg^{-1} \cdot °C^{-1}$

**1°) Schéma :**




**2°) Soit le sous-système 1 {eau + calorimètre) passant de la température ambiante à la température finale. Le système étant incompressible, on aura :**

$$\Delta U_1 = m_{eau} \cdot c_{eau}(\theta_f - \theta_1) + C \cdot (\theta_f - \theta_1)$$

$$AN : \Delta U_1 = 2{,}81 \cdot 10^3 \text{ J}$$

# Correction des exercices – Ch15

3°) Pour le sous-système 2 {laiton}, incompressible, passant de la température initiale de l'étuve à la température finale, on aura :

$$\Delta U_2 = m_2 \cdot c_2 \cdot (\theta_f - \theta_2)$$

4°) a) D'après le 1er principe de la thermodynamique, pour les sous-systèmes 1 et 2, on peut écrire :

$$\Delta U_{i \to f} = Q + W$$

Or, il n'y aucun échange d'énergie avec l'extérieur, ni par transfert thermique ni par travail donc :

$$\Delta U_{i \to f} = 0 = \Delta U_1 + \Delta U_2$$

d'où $\Delta U_1 + \Delta U_2 = 0\ J$ CQFD

4°) b) D'après la question précédente :

$$-\Delta U_1 = \Delta U_2$$

$$(m_1 \cdot c_{eau} + C)(\theta_1 - \theta_f) = m_2 \cdot c_2 \cdot (\theta_f - \theta_2)$$

$$\text{d'où} \quad c_2 = \frac{(m_1 \cdot c_{eau} + C)(\theta_1 - \theta_f)}{m_2 \cdot (\theta_f - \theta_2)}$$

AN : $c_2 = 3{,}9 \cdot 10^2\ J \cdot kg^{-1} \cdot {}^\circ C^{-1}$

5°) a) Pour la fabrication d'instrument, on recherche du laiton ayant un pourcentage massique de 80 % en cuivre et 20 % en zinc.
D'après le document, la valeur de $c_2 = 3{,}90 \times 10^2\ J \cdot kg^{-1} \cdot {}^\circ C^{-1}$ est associée à un échantillon ayant un pourcentage massique de 70 % en cuivre et 30 % en zinc ; cet échantillon n'est donc pas utilisable pour réaliser un instrument de musique.

5°) b) Il existe des incertitudes sur les mesures des masses et des températures. Particulièrement sur la température initiale du laiton $\theta_2$, qui peut varier en réalité, le temps d'être placé dans le calorimètre et qui influe également sur la température $\theta_f$.
L'expérience nécessiterait d'être répétée pour gagner en fiabilité et une évaluation, par la méthode de type A, de l'incertitude-type serait possible.

# Correction des exercices – Ch15

## 30 Résolution de problème

Fiche 1 p. 452

### Pompe à chaleur

| Construire les étapes d'une résolution de problème.

Un particulier souhaite acheter une pompe à chaleur (PAC) pour chauffer, en hiver, la pièce principale de son habitation de volume $V = 100\ m^3$, et passer d'une température $\theta_i = 15\ °C$ à une température de confort $\theta_f = 19\ °C$.
On suppose que seul l'air de la pièce absorbe l'énergie transférée par la pompe à chaleur. Pour simplifier l'étude, on considère que toutes les pertes thermiques peuvent être négligées entre l'intérieur et l'extérieur de la pièce d'habitation.

- Pendant combien de temps le particulier devra-t-il faire fonctionner sa PAC pour obtenir la température de confort souhaitée dans sa pièce d'habitation ?

**A Pompe à chaleur (PAC)**

Une PAC air/air est un système de chauffage qui effectue un transfert thermique $Q$ depuis l'air extérieur de la maison vers l'air intérieur de la pièce d'habitation. Pour cela, elle comprend un compresseur qui consomme de l'énergie transférée par travail électrique $W_{élec}$.

**B Coefficient de performance d'une PAC**

Le COP, ou coefficient de performance, d'une pompe à chaleur quantifie son efficacité. Il représente le rapport entre le transfert thermique $Q$ effectué et le travail électrique nécessaire.

**C Extrait de la notice technique de la PAC étudiée**

**POMPE À CHALEUR AIR-AIR**

- Température de fonctionnement : 9 °C mini – 35 °C maxi
- Puissance consommée par la PAC en mode chauffage : $P_e = 750\ W$
- COP = 4.

**Données**

- Capacité thermique massique de l'air : $c = 1{,}004 \times 10^3\ J \cdot kg^{-1} \cdot °C^{-1}$.
- Masse volumique de l'air supposée constante dans ces conditions : $\rho = 1{,}2\ kg \cdot m^{-3}$.

# Correction des exercices – Ch15

**Pour répondre à la question posée, il faut évaluer l'énergie nécessaire à apporter par la PAC et en déduire le temps de fonctionnement nécessaire à partir de la fiche technique de l'installation.**

**Dans un premier temps, il faudra évaluer l'énergie à apporter pour chauffer l'air dans la pièce.**

**D'après le 1er principe de la thermodynamique, l'énergie étant uniquement donné par transfert thermique par la PAC, on obtient la relation suivante :**

$$\Delta U = Q = \rho_{air} . V . C_{air} (\theta_f - \theta_i)$$

**Mais cette énergie est fournie par le travail électrique de la PAC. Or, cette PAC a un COP (rendement) de 4 donc elle fournit 4x plus d'énergie thermique qu'elle ne consomme d'énergie électrique.**

**Ainsi :** $COP = \dfrac{Q}{W_{elec}}$ soit $Q = COP . W_{elec}$

**Or :** $W_{elec} = P_{elec} \times \Delta t$

**Donc :** $Q = COP . P_{elec} . \Delta t$

$$\text{soit } \Delta t = \frac{\rho_{air} . V . C_{air} . (\theta_f - \theta_i)}{COP . P_{elec}}$$

$$\text{AN. } \Delta t = 1{,}6 . 10^2 \text{ s}$$

**La durée de fonctionnement de la PAC pour chauffer la pièce à la température souhaitée de confort est inférieure à 3 minutes.**
**Cette durée semble très courte. Elle est en fait sous-estimée car le transfert thermique nécessaire est forcément supérieur du fait des murs, plancher et plafond de la pièce qu'il faudrait également prendre en compte.**

# Correction des exercices – Ch15

## Préparation à l'ECE

On souhaite identifier un échantillon métallique de masse $m_1$, en déterminant sa capacité thermique $c$.

**PROTOCOLE**

☑ PESER l'échantillon métallique ($m_1$). Le placer suspendu par une ficelle dans un bain-marie à la température de 81 °C environ. Noter la température initiale $\theta_i$ de l'échantillon.
☑ PRÉLEVER un gros morceau de glace fondante (sa température est alors 0 °C).
☑ L'ESSUYER avec un chiffon propre et sec, puis **rapidement** :
– le placer dans un cristallisoir ;
– déposer l'échantillon de métal sur le morceau de glace ;
– lorsque l'échantillon de métal ne fait plus fondre le morceau de glace, recueillir l'eau liquide dans un bécher préalablement taré et la peser ($m_2$).

Résultats expérimentaux :

| $\Delta\theta = \theta_f - \theta_i$ (°C) | $m_1$ (g) | $m_2$ (g) |
|---|---|---|
| $-81{,}0 \pm 0{,}1$ | $105 \pm 1$ | $9{,}8 \pm 0{,}1$ |

**1. a.** ANA-RAIS La température finale de l'échantillon métallique est $\theta_f = 0$ °C. Justifier cette valeur.
**b.** CON Exprimer la variation d'énergie interne $\Delta U_1$ de l'échantillon de métal au cours de l'expérience.

**2.** On néglige tout échange autre que celui entre l'échantillon de métal et la glace.
**a.** ANA-RAIS Écrire le premier principe appliqué au système {échantillon métallique}.
**b.** ANA-RAIS Pourquoi faut-il essuyer rapidement le morceau de glace fondante ?
**c.** RÉA Le transfert thermique $Q$ reçu par l'eau au cours de la fusion est égal à $m_2 \times L_{fus}$. On en déduit la capacité thermique de l'échantillon métallique $c = -\frac{m_2 \times L_{fus}}{m_1 \times (\theta_f - \theta_i)}$. Calculer $c$.

**3. a.** ANA-RAIS · RÉA Évaluer l'incertitude-type de mesure :

$$u(c) = c \times \sqrt{\left(\frac{u(m_1)}{m_1}\right)^2 + \left(\frac{u(m_2)}{m_2}\right)^2 + \left(\frac{u(\Delta\theta)}{\Delta\theta}\right)^2}$$

Exprimer le résultat sous la forme $c \pm u(c)$.
**b.** Identifier le métal de l'échantillon.

**Données**
- Chaleur latente de fusion de l'eau : $L_{fus} = 334$ kJ·kg$^{-1}$.
- Capacités thermiques massiques :
– de l'aluminium : $c_{aluminium} = 895$ J·kg$^{-1}$·°C$^{-1}$ ;
– du cuivre : $c_{cuivre} = 385$ J·kg$^{-1}$·°C$^{-1}$ ;
– du fer : $c_{fer} = 450$ J·kg$^{-1}$·°C$^{-1}$.

**1°) a) La glace est en excès et reste en fusion, donc à la température de fusion de 0 °C, constante. Le métal est en équilibre thermique avec la glace, donc à la température de fusion de 0 °C, car il n'y a plus aucun transfert d'énergie entre les deux systèmes.**

**1°) b) Pour le système {échantillon métallique}, incompressible, on aura :** $\Delta U_1 = m_1 \cdot c_m \cdot (\theta_f - \theta_i)$

**2°) a) D'après le 1er principe de la thermodynamique, le seul transfert d'énergie se fait par transfert thermique uniquement donc :** $\Delta U_1 = Q$

**2°) b) Il faut essuyer le morceau de glace fondante afin d'enlever la couche superficielle d'eau pour que le métal soit en contact uniquement avec la glace ; on pèsera ensuite la bonne quantité d'eau formée par fusion de la glace due au transfert thermique issu du métal. Et cela, rapidement, pour limiter les échanges avec l'air qui provoque aussi la fusion de la glace.**

**2°) c) On montre que :**

$$c = \frac{-m_2 \cdot L_{fus}}{m_1 \cdot (\theta_f - \theta_i)}$$

$$\underline{AN} : c = 3{,}849 \cdot 10^2 \text{ J.kg}^{-1}.°C^{-1}$$

**3°) a) On utilise la formule de l'incertitude-type, ainsi on obtient : u(c) = 6 J.kg$^{-1}$.°C$^{-1}$ soit**

$$c = (3{,}85 \pm 6) \text{ J.kg}^{-1}.°C^{-1}$$

**3°) b) Il s'agit du cuivre donc la capacité thermique est compris dans l'intervalle déterminé précédemment.**