

n=2

1)  $Q = 7,5 \times 10^7 \text{ J}$

2)  $P = \frac{E}{\Delta t} = \frac{7,5 \times 10^7}{80 \times 3600} = 2,6 \times 10^3 \text{ W}$

3) On a:  $T = \frac{(240-80) \times 85 + 80 \times 10}{240}$

$T = 60^\circ\text{C}$



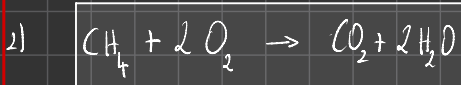
n=4

1) Après la loi des gaz parfaits, on a:

$PV = nRT$

$n = \frac{PV}{RT} = \frac{100 \times 10^5 \times 2}{8,314 \times (27 + 273,15)}$

$n = 8,0 \times 10^3 \text{ mol}$



3) Formation monoxyde de carbone, flamme rouge orangée.

4)  $n = \frac{PV}{RT} = \frac{1,013 \times 10^5 \times 2}{8,314 \times (27 + 273,15)} = 81 \text{ mol}$

5)  $E_{\text{tot}} = m_{\text{tot}} \times 890 = 8,0 \times 10^3 \times 890 = 7,1 \times 10^6 \text{ kJ}$

6) Déterminons d'abord la qte de matière de carbone nécessaire à cette combustion.

$n(\text{C}_2) = 2 \times n(\text{CH}_4)$

Déterminons le volume de  $\text{O}_2$  correspondant.

$PV = nRT$

$V(\text{O}_2) = \frac{nRT}{P} = \frac{2n_{\text{tot}}(\text{CH}_4) \times RT}{P}$

$V_{\text{air}} = 5 \times V(\text{O}_2)$

$V_{\text{air}} = 5 \times \frac{2n_{\text{tot}}(\text{CH}_4) \times R \times T}{P}$

$V_{\text{air}} = 5 \times \frac{2 \times 80 \times 10^3 \times 8,314 \times (27 + 273,15)}{1,013 \times 10^5}$

$V_{\text{air}} = 2,0 \times 10^3 \text{ m}^3$

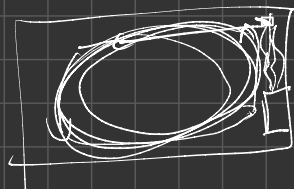
7.  $E = P \times \Delta t$

$\Delta t = \frac{E}{P} = \frac{7,1 \times 10^6}{2}$

$\Delta t = 3,6 \times 10^6$

$\Delta t = 986 \text{ h}$

$\Delta t = 415$



Rouge/rouge

1) Réseaux - moule métalliques: rayonnement moule métallique et polyéthylène: conduction.

2)  $20^\circ\text{C} \rightarrow 200^\circ\text{C}$

La var<sup>o</sup> de température est due à l'augmentation de l'énergie cinétique des molécules de polyéthylène.

3)  $\Delta U = Q + W$

Or le système thermodynamique est incompressible donc  $W = 0$ .

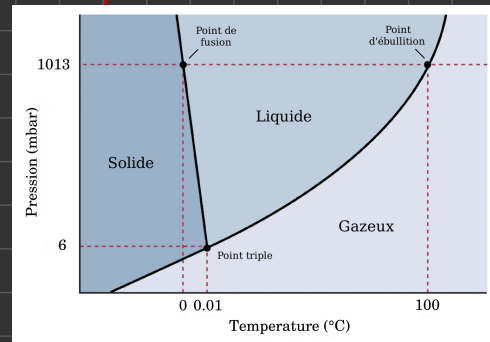
$\Delta U = Q$

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

$Q = 25 \times 1850 \times (140 - 20)$

$Q_1 = 5,5 \times 10^6 \text{ J}$

$Q_2 = m \times L_f$



S

# Gaz parfaits et Thermodynamique – Fiche de cours

## 1. Notion de thermodynamique

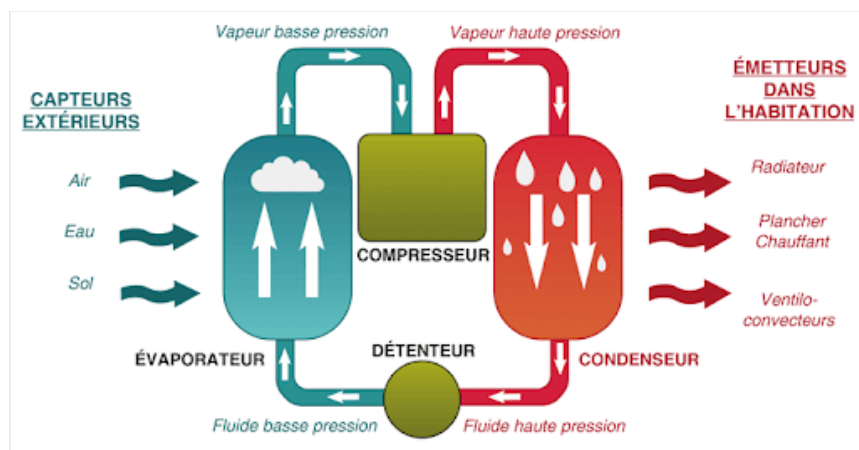
### a. Définition

Un système thermodynamique est une partie de l'univers que l'on sépare du reste de l'univers (appelé milieu extérieur)

Système thermodynamique ouvert : peut échanger de la matière avec le milieu extérieur

Système thermodynamique fermé : ne peut pas échanger de matière avec le milieu extérieur

Système thermodynamique isolé : ne peut pas échanger de matière ou d'énergie avec le milieu extérieur



### b. Energie d'un système thermodynamique

L'énergie d'un système thermodynamique est définie par :

$$E = E_c + E_p + U \quad (\text{unité en Joule})$$

$E_c$  : énergie cinétique

$E_p$  : énergie potentielle

$U$  : énergie interne (agitation et distances des molécules)

### c. Variables d'état

Pour décrire un système thermodynamique on peut utiliser les grandeurs suivantes :

pression, volume, quantité de matière, température absolue

### d. Les transformations en thermodynamique

- pression constante : transformation isobare

- volume constant : transformation isochore

- température constante : transformation isotherme

### e. Les états de la matière

La matière existe principalement sous 3 états :

solide, liquide, gaz

## 2. Modèle du gaz parfait

### a. Masse volumique

La masse volumique est liée à la densité de matière (ou distance entre molécules)

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (\text{unité en kg.m}^{-3})$$

### b. Température

La température rend compte de l'agitation entre molécules (énergie cinétique)  $T = \theta + 273,15$  (unité K)

### c. Pression

La pression mesure l'intensité des chocs moléculaires sur une surface  $S$   $P = \frac{F}{S}$  (unité pascal Pa)

#### d. Loi de Boyle-Mariotte

Pour un gaz parfait, lors d'une transformation isotherme :

$$PV = \text{constante}$$

#### e. Equation des gaz parfaits

Pour un gaz parfait :  $PV = nRT$

#### f. Limites de validité du modèle

Le modèle des gaz parfaits réalise les hypothèses suivantes :

- le volume d'une molécule de gaz est négligeable devant le volume total occupé par le gaz
- l'énergie d'interaction entre molécules d'un gaz est négligeable devant l'énergie cinétique totale

Un gaz réel a les propriétés suivantes :

occupe un volume minimal, a une température minimale, a une pression maximale

Le modèle des gaz parfait n'est pas utilisable pour les cas suivants :

- hautes pressions,
- faibles volumes,
- basses températures

$$\frac{\Delta V}{V}$$

$$88 \text{ g} \quad 90 \text{ g} \quad \Delta m = 2$$



### 3. Premier principe de la thermodynamique

#### a. Définition

$$\Delta E = \Delta U = W + Q$$

$\Delta E$  : variation d'énergie (unité en Joule)

$W$  : travail mécanique (unité en Joule)

$Q$  : transfert thermique (unité en Joule)

#### b. Travail

Le travail  $W$  est lié à la variation du volume d'un système thermodynamique (exemple le piston d'un moteur)

#### c. Transfert thermique

Le transfert thermique est une grandeur algébrique :

- $Q > 0$  lorsque le système reçoit de l'énergie
- $Q < 0$  lorsque le système perd de l'énergie

### 4. Cas des systèmes incompressibles

#### a. Définition

Un système thermodynamique est dit incompressible lorsque son volume ne varie ; on considère que cela est le cas si la masse volumique est constante.

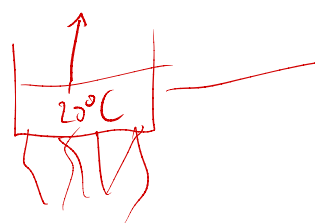
Pour un système incompressible  $\Delta U = Q$  et  $W = 0$

#### b. Variation de l'énergie interne sans changement d'état

$$\Delta U = Q = m \cdot c \cdot \Delta T \quad \text{unité en (J)}$$

#### c. Variation de l'énergie interne avec changement d'état

$$\Delta U = Q = m \cdot L \quad \text{unité en (J)}$$



$$\Delta U = Q = m \times c \times (100 - 20)$$

# Gaz parfaits et Thermodynamique – Exercices – Devoirs

## Exercice 1 corrigé disponible

Pour chaque affirmation, choisir la (ou les) bonne(s) proposition(s) :

- Un système thermodynamique fermé peut :  
 échanger de la matière     ne pas échanger de la matière  
 échanger de l'énergie     ne pas échanger de l'énergie  
avec le milieu extérieur.
- Un système thermodynamique isolé peut :  
 échanger de la matière     ne pas échanger de la matière  
 échanger de l'énergie     ne pas échanger de l'énergie  
avec le milieu extérieur.
- L'énergie interne d'un système macroscopique est d'origine :  
 microscopique  
 macroscopique
- Un système thermodynamique qui reçoit de la chaleur du milieu extérieur est tel que la variation de son énergie interne vérifie :  
  $\Delta U < 0$   
  $\Delta U > 0$

5. Lorsqu'un système de masse  $m$  échange de la chaleur avec le milieu extérieur sans changement d'état, sa température peut varier de  $T_1$  à  $T_2$  selon la loi :

$Q = \frac{T_2 - T_1}{mc}$

$Q = \frac{mc}{T_2 - T_1}$

$Q = mc(T_2 - T_1)$

$Q = mc(T_1 - T_2)$

## Exercice 2 corrigé disponible

Un ballon d'eau chaude électrique a une capacité de 240 L. Le réchauffage de l'eau s'effectue en tarif de nuit de 22 H 30 à 6 H 30. L'eau est portée de 10 °C à 85 °C.

- Calculer la chaleur reçue par l'eau du ballon.  $Q = m \times c \times \Delta T = 240 \times 1 \times 4186 \times 75 = 7,5 \times 10^7 \text{ J}$
- Quelle doit-être la puissance électrique minimum du chauffe-eau électrique ?
- À 6 H 30 on effectue un premier puisage de 80 L d'eau. Le remplissage du ballon se fait avec de l'eau à 10 °C. Calculer la température finale de l'eau du ballon.

DONNÉES :  $C_{m \text{ eau}} = 4186 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$  ;  $\rho_{\text{eau}} = 1000 \text{ kg.m}^{-3}$ .

## Exercice 3 corrigé disponible

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.

L'objectif de cet exercice est de répondre à la question suivante : en quoi l'utilisation d'une pompe à chaleur contribue-t-elle à apporter une solution au défi énergétique ?

### La pompe à chaleur

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.

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.

d'après : [www.ademe.fr](http://www.ademe.fr)

### Schéma énergétique de la pompe à chaleur air / eau

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  $\Delta U$  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, avec :

- $Q_f$  énergie transférée de l'air extérieur (source froide dans ce dispositif) au fluide de la PAC ; cette énergie est renouvelable et gratuite ;

- $Q_c$  énergie transférée par le fluide de la PAC à l'eau du bassin de la piscine ;

- $W_e$  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.

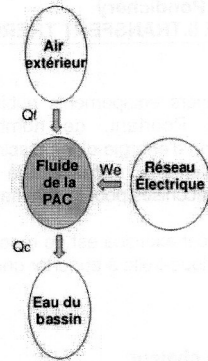


Figure 1. Schéma énergétique de la pompe à chaleur d'une piscine.

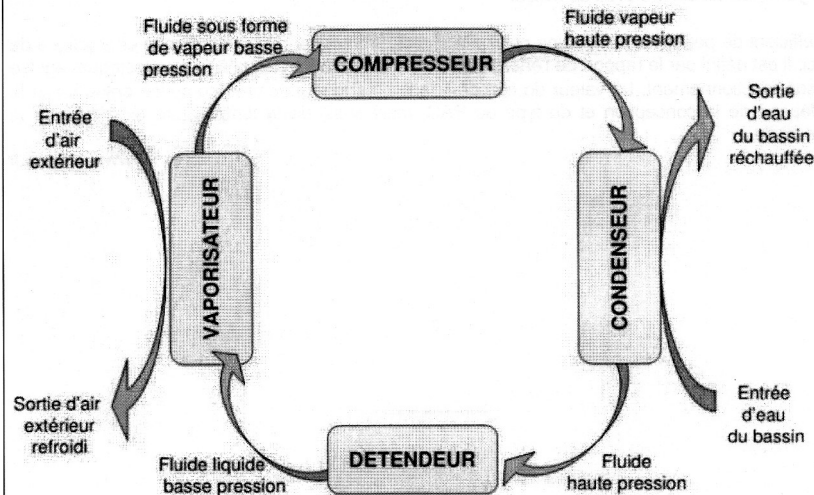


Figure 2. Cycle du fluide frigorigère dans la PAC.

### Données :

- système étudié : le fluide frigorigère de la PAC ;
- capacité thermique massique de l'eau liquide :  $c_{\text{eau}} = 4,18 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  ;
- masse volumique de l'eau liquide :  $\rho_{\text{eau}} = 1000 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  dans les conditions de l'étude.

### 1. Fonctionnement global de la pompe à chaleur

1.1. Parmi les 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.

1.2. Montrer que pour un cycle du fluide, on a l'égalité  $Q_c = Q_f + W_e$ .

### 2. Étude du fluide frigorigère

Le fluide frigorigère 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.

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

2.2. Quels sont le ou les modes de transfert d'énergie entre l'air extérieur et le fluide frigorigère ?

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

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

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

3.2. On a mesuré l'énergie électrique  $W_e$  consommée (et facturée) pendant ce transfert et trouvé une valeur égale à  $W_e = 8,0 \times 10^9 \text{ J}$ . Déterminer la valeur de  $Q_f$ , l'énergie transférée par l'air extérieur.

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

#### 4. Enjeux énergétiques

4.1. 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.

4.2. En conclusion, répondre en quelques lignes à la question suivante : en quoi l'utilisation de pompes à chaleur apporte-t-elle une réponse à des problématiques énergétiques contemporaines ?

#### Exercice 4 corrigé disponible

Données pour tous les exercices: Constante des gaz parfaits  $R = 8,314 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$   
 $0^\circ\text{C}$  correspond à  $273,15 \text{ K}$ .  
composition volumique de l'air: 20 % de dioxygène, 80 % de diazote.  
 $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$

Une citerne est remplie de méthane de formule  $\text{CH}_4$  à l'état gazeux. La pression du gaz est de 100 bars et le volume de cette citerne est de  $2 \text{ m}^3$ . La température est de  $27^\circ\text{C}$ .

- 1- Le méthane est considéré comme un gaz parfait. **Calculer** le nombre de moles de méthane contenues dans cette citerne.
- 2- **Écrire** l'équation- bilan équilibrée de la combustion complète du méthane.
- 3- **Comment peut-on** se rendre compte que la combustion d'un hydrocarbure est incomplète ?
- 4- On utilise le gaz jusqu'à ce que la pression dans la citerne soit égale à la pression atmosphérique (1,013 bars); la température est toujours de  $27^\circ\text{C}$ . **Quelle quantité** de méthane exprimée en moles pourra-t-on extraire de cette citerne ?
- 5- **Quelle énergie** la combustion complète de ce gaz fournira-t-elle sachant que la combustion complète d'une mole de méthane fournit 890 kJ ?
- 6- **Quel volume d'air**, pris sous une pression de 1,013 bars à une température de  $27^\circ\text{C}$ , sera nécessaire ?
- 7- Un brûleur ayant une puissance de 2 kW est alimenté par cette citerne. Combien de temps **fonctionnera-t-il** ?

#### Exercice 5 corrigé disponible

Un réservoir de gaz souterrain est à une profondeur de 430 m et le gaz est injecté sous la pression de 4,9 MPa. La température est de  $30^\circ\text{C}$  et le volume du site vaut  $10,8 \times 10^6 \text{ m}^3$ . Le gaz est assimilé à un gaz parfait, le volume molaire sous une pression de  $10^5 \text{ Pa}$  à la température de  $0^\circ\text{C}$  vaut 22,4 L.

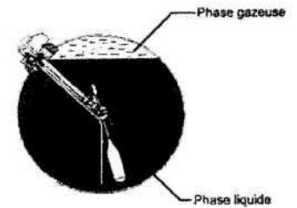
1. **Quel serait** le volume du réservoir si ce gaz était dans les conditions normales ( $10^5 \text{ Pa}$ ,  $0^\circ\text{C}$ ) ?
2. Une partie seulement du gaz injecté peut être exploitée, cette partie exploitable occupe dans les conditions normales un volume égal à  $220 \times 10^6 \text{ m}^3$ . **Calculez** le volume de ce gaz à  $30^\circ\text{C}$  sous la pression de  $10^5 \text{ Pa}$ .

#### Exercice 6 corrigé disponible

Données pour tous les exercices: Constante des gaz parfaits  $R = 8,314 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$   
 $0^\circ\text{C}$  correspond à  $273,15 \text{ K}$ .  
 $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$   
 $1 \text{ atm} = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa}$   
Masse molaire atomique de l'oxygène :  $16 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

Un véhicule fonctionne au GPL (gaz de pétrole liquéfié). Le volume intérieur du réservoir est  $V = 100 \text{ L}$ .

Lors du remplissage du réservoir à la température  $\theta = 15^\circ\text{C}$ , le GPL occupe 85% du réservoir sous forme liquide et le reste sous forme gazeuse. La pression  $p_1$  du gaz est alors de  $4,5 \times 10^5 \text{ Pa}$ .



1. Dans ces conditions, le GPL liquide a une masse volumique  $\rho_{\text{GPL}} = 560 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ . **Calculer** la masse de GPL liquide contenu dans le réservoir.
2. **Rappeler** l'équation d'état des gaz parfaits en indiquant le nom et l'unité de chaque grandeur.
3. La phase gazeuse du GPL est assimilée à un gaz parfait de masse molaire  $50 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ . **Calculer** la masse de GPL présent dans le réservoir sous forme gazeuse.

#### Exercice 7 corrigé disponible

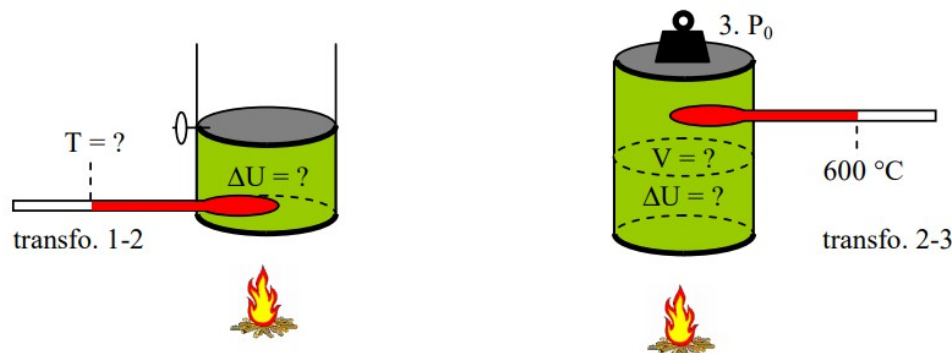
Une bouteille de dioxygène comprimé a pour volume utile  $V = 5,0 \text{ L}$ .

La pression indiquée par le manomètre fixé sur le détendeur est  $P = 120 \text{ atm}$ , à la température  $\theta = 27^\circ \text{ C}$ .

- 1- **Convertir** le volume  $V$ , la pression  $P$  et la température dans les unités du système international.
- 2- **Calculer** la quantité de matière  $n$  (en moles) de dioxygène contenu dans cette bouteille en utilisant l'équation d'état du gaz parfait.
- 3- **En déduire** la masse  $m$  de dioxygène contenu dans la bouteille.
- 4- **Calculer** le volume de dioxygène gazeux  $V_0$  à prélever à l'extérieur, dans les conditions de température  $\theta_0 = 20^\circ \text{ C}$  et de pression  $P_0 = 1,0 \text{ atm}$ , afin de remplir cette bouteille avec une quantité de dioxygène  $n = 24,4 \text{ mol}$ .
- 5- En s'appuyant sur l'équation d'état des gaz parfaits, **expliquer** brièvement pourquoi une bouteille de gaz sous pression présente un risque d'explosion en cas d'incendie.

## Exercice 8 corrigé disponible

Un volume d'air (gaz parfait) est placé dans un ballon cylindrique de rayon 10 cm, de volume 20,0 L à la pression atmosphérique  $P_1=1013 \text{ hPa}$  et à  $T_1=0,00^\circ\text{C}$  subit les deux transformations suivantes :



Transformation 1-2 : compression à volume constant (isochore) ; l'air est chauffé jusqu'à la pression  $P_2=3P_1$

Transformation 2-3 : expansion à pression constante (isobare) ; l'air est chauffé jusqu'à ce que la température atteigne  $T_3=600^\circ\text{C}$

### Données :

masse molaire de l'air :  $29,0\text{g/mol}$  ;  $C_{\text{air}}=700 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$  ;  $R=8,32 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$

1. Quelle est la température atteinte par l'air à la fin de la transformation 1-2 ?
2. Calculer la masse d'air, la valeur du transfert thermique puis la variation d'énergie interne lors de la transformation 1-2
3. Quel est le volume occupé par l'air à la fin de la transformation 2-3 ?
4. On suppose que pour la transformation 2-3, on chauffe le ballon avec une résistance électrique  $R=100\Omega$  alimentée par un générateur de tension continue  $E=24\text{V}$  durant 5,0 minutes
  - a. Déterminer la valeur du transfert thermique lors de la transformation 2-3
  - b. Déterminer la valeur du travail mécanique lors de la transformation 2-3
  - c. Quelle est la valeur de la variation de l'énergie interne lors de la transformation 2-3. Commenter le résultat.

## Exercice 9

Un ballon rempli d'hélium suit un mouvement ascensionnel ; l'énergie interne de l'hélium :

- A- Prend en compte l'énergie cinétique du ballon
- B- Prend en compte l'énergie potentielle de pesanteur du ballon
- C- Prend en compte l'énergie cinétique microscopique des particules d'hélium
- D- Prend en compte l'énergie potentielle d'interaction entre les particules d'hélium
- E- Les items A,B,C,D sont faux

## Exercice 10

On chauffe 50 mL d'eau à pression atmosphérique ; ce chauffage se décompose en deux étapes :

- ♣ (1) une augmentation de température : 50 mL d'eau liquide à  $20^\circ\text{C}$  → 50 mL d'eau liquide à  $100^\circ\text{C}$
  - ♣ (2) un changement d'état physique : 50 mL d'eau liquide à  $100^\circ\text{C}$  → 50 mL d'eau vapeur à  $100^\circ\text{C}$
- On indique qu'en phase vapeur, les molécules interagissent moins entre elles qu'en phase liquide.

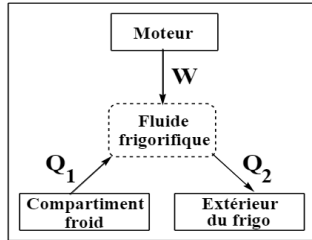
- A- Durant l'étape (1), l'énergie interne de l'eau diminue
- B- Durant l'étape (1), l'énergie interne de l'eau augmente
- C- Durant l'étape (2), l'énergie interne de l'eau est inchangée
- D- Durant l'étape (2), l'énergie interne de l'eau est modifiée
- E- Les items A,B,C,D sont faux

## Exercice 11

On refroidit 160 g d'huile initialement à  $120^\circ\text{C}$  jusqu'à température ambiante de  $20^\circ\text{C}$  ; la capacité thermique massique de l'huile est  $c = 2 \text{ J}\cdot\text{g}^{-1}\cdot^\circ\text{C}^{-1}$ .

- A- La variation de température est de  $-100 \text{ K}$
- B- Dans le système international, l'unité de  $c$  est  $\text{J}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
- C- La variation d'énergie interne de l'huile est de  $-32 \text{ kJ}$
- D- La variation d'énergie interne de l'huile est de  $-32 \text{ J}$
- E- Les items A,B,C,D sont faux

## Exercice 12



Le schéma ci-contre décrit de façon simplifiée le principe d'un frigo. Le fluide frigorigère utilise le travail  $W$  qu'il reçoit du moteur pour extraire une chaleur  $Q_1$  au compartiment froid du frigo et en restituer une partie  $Q_2$  à l'extérieur du frigo. En thermodynamique, on compte positivement les énergies reçues par un système et négativement les énergies perdues. En valeur absolue, on suppose les valeurs suivantes :  $|W| = 500 J$  ;  $|Q_1| = 300 J$  ;  $|Q_2| = 100 J$

Quelle est la valeur de la variation d'énergie interne du fluide frigorigère ?

- A-  $\Delta U = - 700 J$
- B-  $\Delta U = + 100 J$
- C-  $\Delta U = + 700 J$
- D-  $\Delta U = + 900 J$
- E- Les items A,B,C,D sont faux

## Exercice 13 corrigé disponible

Un volume d'air de 3 moles (gaz parfait assimilé à un système fermé) est placé dans un piston cylindrique de rayon 20 cm, de volume 10,0 L à la pression atmosphérique  $P_A = 10^5 \text{ Pa}$  et à  $T_A = 26,85^\circ \text{C}$  subit les 3 transformations suivantes :

Transformation A-B : expansion à pression constante (isobare) ; l'air est chauffé jusqu'à la température  $T_B = 326,85^\circ \text{C}$

Transformation B-C : compression à température constante (isotherme) ; l'air est comprimé jusqu'à ce que le volume atteigne  $V_C = V_A$

Transformation C-A : détente à volume constant (isochore) ; l'air est dépressurisé jusqu'à la pression  $P_A$

Données :

masse molaire de l'air :  $29,0 \text{ g/mol}$  ;  $C_{\text{air}} = 700 \text{ J.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$  ;  $R = 8,32 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$

1. Sur un diagramme (P,V) dit diagramme de Watt, représenter le cycle de l'air placé à l'intérieur du piston ; indiquer les valeurs des pressions et des volumes.
2. Calculer le travail et le transfert thermique pour les transformations A-B et C-A
3. En considérant que pour le cycle d'un système fermé  $W_T = 0$  et  $Q_T = 0$  en déduire le travail et le transfert thermique de la transformation B-C.

## Exercice 14

- Les murs latéraux d'un local industriel maintenu à la température constante  $\theta = 20^\circ \text{C}$
  - Le local dont le volume global est  $V = 1600 \text{ m}^3$  contient de l'eau à l'état de vapeur.
  - On assimilera la vapeur d'eau à un gaz parfait de masse molaire  $M = 18 \text{ g mol}^{-1}$ .
1. On constate que la pression de la vapeur d'eau à l'intérieur du local est égale à 10,8 mm de mercure. Déterminer la valeur de cette pression en unité internationale.
  2. Exprimer puis calculer la masse d'eau à l'état de vapeur contenue dans le local.  
Données:
    - masse volumique du mercure  $\rho = 13600 \text{ kg m}^{-3}$
    - accélération de la pesanteur  $g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$
    - constante des gaz parfaits  $R = 8,31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ .

## Exercice 15

Données :

- Constante des gaz parfaits  $R = 8,31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
- Masse molaire atomique de l'azote  $M(\text{N}) = 14 \text{ g mol}^{-1}$

Une bombe aérosol de volume intérieur 300 mL, contient 100 mL de laque et le reste est occupé par le gaz propulseur, le diazote. Sa température est  $20^\circ \text{C}$  et sa pression  $4,00 \times 10^5 \text{ Pa}$ . Il se comporte comme un gaz parfait.

1. Donner l'équation d'état d'un gaz parfait en indiquant le nom et l'unité de chaque grandeur. Calculer la quantité de matière de diazote contenu dans cette bombe aérosol et sa masse.
2. La température passant à  $50^\circ \text{C}$ , quelle est la nouvelle pression du diazote dans cette bombe aérosol ?

## Exercice 16 corrigé disponible

On mélange un volume  $V_1 = 100 \text{ L}$  d'eau à  $90^\circ \text{C}$  avec un volume  $V_2 = 200 \text{ L}$  d'eau à  $20^\circ \text{C}$  ; déterminer la température d'équilibre

## Exercice 17

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  $200^\circ \text{C}$ .



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).

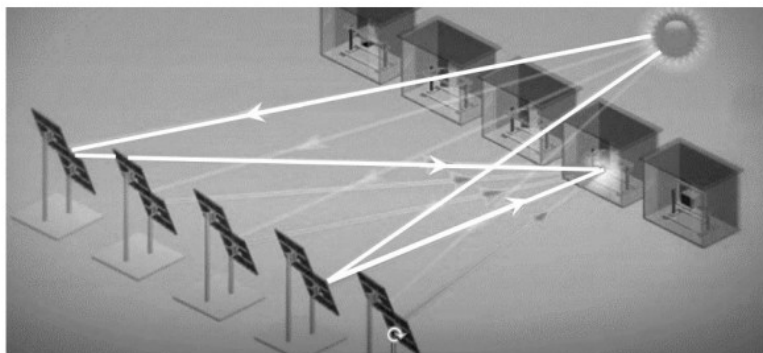


Figure 2. Schéma du dispositif utilisant le roto moulage solaire (d'après le site lightmanufacturing.com).

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.

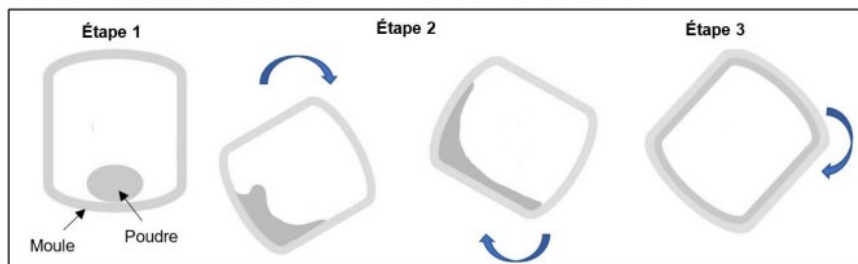


Figure 3. Schématisation du cycle de fabrication

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 réfléchie 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:  $m_{PE} = 25 \text{ kg}$  ;
- 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 :  $c_{PE} = 1830 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  (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  $\Delta U$  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.

1. Indiquer le principal mode de transfert d'énergie au cours du chauffage qui se produit entre :
  - les héliostats et le moule métallique,
  - le moule métallique et le polyéthylène.
2. Expliquer, à l'échelle microscopique, les origines de la variation de l'énergie interne du polyéthylène lorsque la température passe de  $20 \text{ °C}$  à  $200 \text{ °C}$ .
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  $\theta_i$  prise égale à  $\theta_i = 20 \text{ °C}$ .