

Unité d'enseignement Physique 104

Contrôle en amphi n°2 - durée 2h

Seules les calculatrices de type collège sont autorisées  
16/12/04

**Thermodynamique** (les parties A et B de ce problème sont indépendantes)

Données : constante des gaz parfaits  $R = \frac{25}{3} \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ ; nombre d'Avogadro  $N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ ;

$\gamma = \frac{c_p}{c_v} = 1.67$  avec  $c_p$  et  $c_v$  les capacités thermiques molaires du gaz respectivement à pression

constante et à volume constant.

**Partie A** - Un cylindre rigide de volume 20 litres contient une masse de 32 g d'un élément gazeux sous une pression de 10 atm et une température de 27 °C. Cet élément suit la loi des gaz parfaits.

- 1) a) Quel est cet élément (il s'agit d'un **gaz monoatomique**) ?  
b) De quel volume dispose chaque particule de ce gaz ? En déduire un ordre de grandeur du rayon que peut occuper la particule en supposant le volume occupé sphérique.
- 2) Exprimer l'énergie cinétique moyenne d'une particule en fonction de la constante des gaz parfaits. Donner sa valeur en Joule et en eV.
- 3) Quelle est alors la vitesse quadratique moyenne de chaque particule ? Donner la formule littérale puis faire l'application numérique. Que devient cette vitesse à 127°C ?
- 4) Quelle quantité de chaleur faut-il fournir au gaz pour atteindre cette température de 127°C ? Que devient alors la pression ?

**Partie B** – Maintenant **une mole** de ce gaz monoatomique est initialement dans l'état (1) à la température  $T_1 = 400 \text{ K}$ , dans un récipient de volume  $V_1 = 1 \text{ litre}$ , sous une pression  $P_1$ . Elle subit les transformations suivantes :

- On effectue d'abord une détente adiabatique réversible qui amène le gaz dans l'état (2) à une température  $T_2$ , un volume  $V_2 = 10 \text{ litres}$  et une pression  $P_2$ .
- Puis on comprime le gaz de façon isotherme et réversible jusqu'à l'état (3) à la pression  $P_1$  et à la température  $T_2$ .
- On réchauffe ensuite le gaz jusqu'à la température  $T_1$  à pression constante.
  - 1) Représenter ce cycle dans un diagramme de Clapeyron. Est-ce un cycle moteur ou récepteur ? Justifier votre réponse.
  - 2) Calculer la pression initiale  $P_1$ .
  - 3) Calculer la température  $T_2$  et le rapport  $P_2 / P_1$ . On donne  $(0,1)^{0,67} \approx 0,2$  ou  $(0,1)^{1,67} \approx 0,02$ .
  - 4) Pour le gaz considéré ici donner l'expression de  $c_p$  en fonction de  $R$  ; puis calculer sa valeur.
  - 5) Calculer les quantités de chaleur mises en jeu au cours des 3 transformations. On pourra faire l'approximation  $\ln(0,02) \approx -4$ .
  - 6) Déduire de la question 5) le travail mécanique total  $W_{\text{tot}}$  mis en jeu au cours du cycle.

- 7) Au cours de quelle transformation, parmi les 3 précédentes, le gaz reçoit-il effectivement de la chaleur ? En déduire l'expression littérale puis la valeur numérique du rendement, noté  $\eta$ , de la machine.

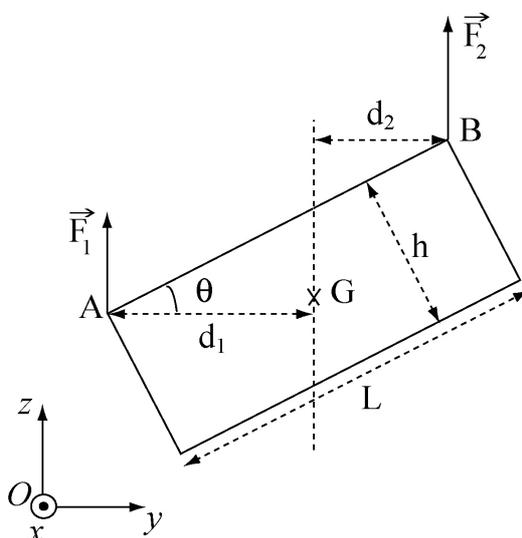
### Calorimétrie

Dans cet exercice, on négligera les échanges de chaleur entre le calorimètre et le milieu extérieur.

- 1) 100 g d'eau, contenu dans un calorimètre dont, dans un premier temps, on néglige la capacité thermique, sont initialement à  $20^\circ\text{C}$ . On immerge un bloc d'aluminium de 30 g préalablement porté à  $150^\circ\text{C}$ , et l'on constate, après équilibre thermique, que la température est passée à  $27^\circ\text{C}$ . Quelle serait la capacité thermique massique de l'aluminium? ( $c_{\text{eau}} = 4180 \text{ J K}^{-1} \text{ kg}^{-1}$ )
- 2) Curieux de la validité de notre mesure, nous ouvrons le *Handbook of Chemistry* et y trouvons que  $c_{\text{Al}} = 900 \text{ J K}^{-1} \text{ kg}^{-1}$ .
  - a) Cette valeur est-elle en accord avec la loi de Dulong et Petit ( $M(\text{Al}) = 27 \text{ g mol}^{-1}$ ) ?
  - b) Déduisez-en la masse en eau du calorimètre (c'est-à-dire la capacité thermique du calorimètre divisé par la capacité thermique massique de l'eau), ultérieurement utilisée pour un métal inconnu.

### Statique

On considère une malle (parallélépipède rectangle de masse  $M$ , supposé homogène, de centre de gravité  $G$ , de largeur  $L$  et de hauteur  $h$ ) soulevée par deux porteurs. Le porteur n°1 exerce une force  $\vec{F}_1$  verticale au point A et le porteur n°2 exerce une force  $\vec{F}_2$  verticale au point B. La malle fait un angle  $\theta$  avec l'horizontale.



- 1) Ecrire les deux équations exprimant les conditions d'équilibre de la malle.
- 2) Exprimer le moment de  $\vec{F}_1$  en G en fonction de  $F_1$  (norme de  $\vec{F}_1$ ),  $d_1$  (distance indiquée sur le schéma) et  $\vec{e}_x$  le vecteur unitaire directeur de l'axe ( $Ox$ ). Exprimer de même le moment de  $\vec{F}_2$  en G en fonction de  $F_2$ ,  $d_2$  et  $\vec{e}_x$ .
- 3) En déduire le rapport  $F_1/F_2$  en fonction de  $d_1$  et  $d_2$ . Pour quelle valeur de  $\theta$  les deux porteurs vont-ils fournir le même effort ?
- 4) Exprimer  $F_1$  et  $F_2$  en fonction de  $d_1$ ,  $d_2$ ,  $M$  et  $g$ .