



**Concours A2GP session 2017**  
**Composition : Physique 5 (thermodynamique)**  
**Durée : 3 Heures**

**EXERCICE**

**A.**

- 1- Expliquer le principe de fonctionnement d'un réfrigérateur (trois lignes maximum).
- 2- Définir la chaleur latente de solidification d'un corps pur (trois lignes maximum).
- 3- Lorsqu'on chauffe un système sa température peut rester constante, justifier votre réponse (une ligne).
- 4- Qu'est-ce qu'une source de chaleur ?
- 5- Qu'est-ce qu'une transformation monotherme ?

**B.**

Un bouchon de liège cylindrique de hauteur  $H = 5$  cm et de rayon  $r = 0,8$  cm est placé verticalement dans une éprouvette graduée également cylindrique de diamètre légèrement supérieur. Les frottements sur les parois sont négligés. L'éprouvette contient une quantité d'eau suffisante pour que le bouchon flotte sans toucher le fond.

- 1- Faire un schéma indiquant clairement les forces agissant sur le système.
- 2- Déterminer la hauteur  $h$  de liège immergée.

On donne  $\rho_{\text{eau}} = 1,00 \text{ g cm}^{-3}$ ,  $\rho_{\text{liège}} = 0,24 \text{ g cm}^{-3}$ ,

**C.**

On dispose d'un cylindre d'axe vertical, fermé par un piston sur lequel peut s'exercer une force supplémentaire  $F$  (par l'intermédiaire d'un levier). Le cylindre contient une masse  $m = 10 \text{ g}$  d'ammoniac. Le piston imperméable à la chaleur a une section  $s = 200 \text{ cm}^2$  Il coulisse sans frottement et la pression est de  $P_0 = 1 \text{ bar}$ .

On supposera que le piston (et le levier) du fait de leur propre poids exercent sur le contenu du cylindre une force constante  $f' = 1200 \text{ N}$ .

- 1) Calculer la force minimale  $F_0$  de la force supplémentaire  $F$  qu'il faut exercer pour que, à  $0^\circ\text{C}$  tout l'ammoniac soit sous forme liquide.
- 2) On part de l'état précédent, le cylindrique étant plongé dans un thermostat constitué d'un mélange d'eau et de glace (en équilibre à  $0^\circ\text{C}$ , sous la pression atmosphérique  $P_0$ ; le thermostat est parfaitement calorifugé vis-à-vis de l'extérieur).

On cesse d'exercer la force  $F_0$ , lorsque l'équilibre thermique est rétabli une masse  $M_g$  de glace s'est formée. Calculer  $M_g$  dans les deux cas suivant.

- a) On cesse d'exercer brutalement  $F_0$ .
- b) On a laissé le piston s'élever lentement en diminuant la force  $F$ .

On fera l'hypothèse que l'ammoniac gazeux se comporte comme un gaz parfait. On donne :

$L_f = 335 \text{ kJ/kg}$  , chaleur latente de fusion de la glace à  $0^\circ\text{C}$ .

$L_V = 1,23 \cdot 10^3 \text{ kJ/kg}$  , chaleur latente de vaporisation de  $\text{NH}_3$  à  $0^\circ\text{C}$

$P_e = 4,38 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ , pression d'équilibre liquide-vapeur de  $\text{NH}_3$  à  $0^\circ\text{C}$

$V_l = 1,56 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{kg}$ , volume massique de  $\text{NH}_3$  à  $0^\circ\text{C}$

$M_O = 19 \text{ g}$ , masse molaire de  $\text{NH}_3$ .

### PROBLEME : Réfrigérateur

On considère un fluide décrivant un cycle ditherme réversible entre une source chaude de température  $T_c$  et une source froide de température  $T_f$ . On note  $Q_c$  (respectivement  $Q_f$ ) le transfert thermique reçu par le fluide, pendant un cycle, de la part de la source chaude (respectivement froide). Cette machine est un réfrigérateur réversible, la source chaude est l'extérieur du réfrigérateur, la source froide est l'intérieure du réfrigérateur.

1. Justifier que  $Q_c < 0$  et  $Q_f > 0$ .

2-a/ Donner la définition de l'efficacité  $e_{fr}$  d'un réfrigérateur.

2-b/ Donner son expression en fonction de  $Q_c$  et  $Q_f$ .

2-c/ Etablir que pour le réfrigérateur réversible  $e_{fr} = \frac{T_f}{T_c - T_f}$ .

3 Calculer  $e_{fr}$  pour  $T_c = 297 \text{ K}$  et  $T_f = 277 \text{ K}$

En régime permanent, la température de la source froide reste constante, le fluide reçoit la puissance mécanique moyenne  $P_{m_1}$  de  $100 \text{ W}$ .

4- Calculer le transfert thermique moyen  $Q_{fm_1}$  reçu par la source froide de la part du fluide effectuant le cycle, pendant une durée de 1 jour (notée  $\Delta t$ ).

5- L'isolation de la source froide est imparfaite, elle reçoit de la part de l'extérieur une puissance thermique  $P_{perte}$ . Calculer  $P_{perte}$

Dans les mêmes conditions qu'à la question précédente, on place un volume  $V = 1,00 \text{ L}$  d'eau initialement à la température  $T_0 = 297 \text{ K}$ , dans le réfrigérateur réversible. On suppose que la masse d'eau ajoutée est suffisamment petite pour que la source froide garde une température constante égale à  $T_f$ .

On constate que lors du refroidissement du volume  $V$  d'eau, la puissance mécanique moyenne reçue par le fluide vaut  $P_{m_2} = 103 \text{ W}$ .

6- Exprimer la durée nécessaire  $\Delta t_{eau}$  pour que le volume  $V$  atteigne la température  $T_f$  en fonction de  $c_e$ ,  $\rho_e$ ,  $V$ ,  $T_c$ ,  $T_f$  et  $P_{eau}$ . Préciser l'expression de  $P_{eau}$  la puissance impliquée lors du refroidissement de l'eau.

7- Calculer cette durée.

On donne la capacité thermique massique de l'eau :

$c_e = 4,18 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$  et la masse volumique de l'eau :  $\rho_e = 1,00 \cdot 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$ .