

EXAMEN DU 24 JUIN 2016

## Exercice 1

(20 points)

Une fusée s'approche de la Terre avec une vitesse inconnue. Le capitaine de la fusée envoie à sa base terrestre un premier message annonçant 2h00 de voyage avant l'arrivée sur Terre. Dans un deuxième message, il annonce 1h45' de vol restant. Sur Terre, le premier message est reçu à 15h00, et le deuxième à 15h02.

- Quelle est la vitesse de la fusée ?
- A quelle heure exacte la fusée arrivera sur la Terre ?
- Pendant son trajet vers la Terre, la fusée reçoit l'ordre de lancer un missile pour détruire un vaisseau extraterrestre qui s'approche de la Terre. Dans le référentiel de la Terre, le missile doit être lancé perpendiculairement par rapport à la trajectoire de la fusée, avec un vitesse de  $0.6 c$ . Quel angle forme la trajectoire du missile par rapport à la trajectoire de la fusée dans le référentiel de celle-ci ?

## Exercice 2

(20 points)

Un cylindre avec piston contient 3 moles d'un gaz idéal diatomique. Le cylindre est à l'équilibre thermique avec 100 litres d'eau à  $T_A = 100^\circ\text{C}$ . Le gaz est comprimé de façon réversible à température constante, en restant en contact avec l'eau, jusqu'à un volume de  $V_B = V_A/3$ . Ensuite, une transformation adiabatique réversible ramène le gaz au volume initial  $V_A$ . Enfin, la température du gaz est ramenée à  $T_A$  de façon irréversible, en remettant le cylindre en contact avec l'eau, et en maintenant le volume constant.

- Dessiner le cycle sur un diagramme  $p - V$ .
- Calculer le travail nécessaire pour effectuer un cycle complet.
- Combien de cycles sont-ils nécessaires pour faire évaporer 1 litre d'eau ?
- Quelle est la variation d'entropie du gaz et de l'eau dans la transformation isochore ?
- Quelle est l'énergie inutilisable sur un cycle pour faire du travail ?

**Indications :** Constante des gaz parfaits  $R = 8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ; Chaleur latente de vaporisation  $L_v = 2250 \text{ kJ kg}^{-1}$ .

## Exercice 3

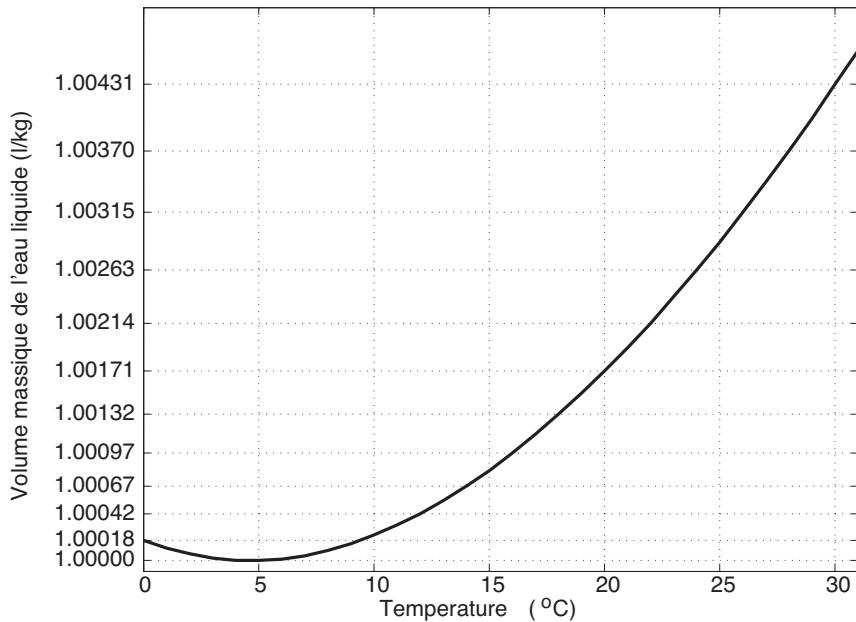
(20 points)

Un glaçon à température  $-15^\circ\text{C}$  est plongé dans un récipient de forme cylindrique, dont on néglige les pertes thermiques, contenant 1 kg d'eau à  $30^\circ\text{C}$ . Uniquement les parois verticales du récipient sont sujettes aux déformations thermiques et sont à la même température que l'eau. A  $30^\circ\text{C}$ , le récipient a une capacité de 1.35 litres.

- Quelle est la masse maximale de glace qui peut fondre dans l'eau ? Justifiez votre réponse. Dans la suite, on supposera que la masse initiale du glaçon est égale à la masse maximale trouvée au a).
- Quelle est la variation d'entropie du système dans ce cas ?
- A l'aide de la courbe ci-dessous, déterminer si l'eau déborde du récipient une fois l'équilibre thermique atteint.

**Indication :** chaleur spécifique de l'eau  $c_{eau} = 4186 \text{ J kg}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ ; chaleur spécifique de la glace  $c_{glace} = 2050 \text{ J kg}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ ; chaleur latente de fusion de la glace  $L_f = 333.5 \text{ kJ kg}^{-1}$ ; coefficient de dilatation

linéaire du matériau du récipient  $\alpha = 80 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ .



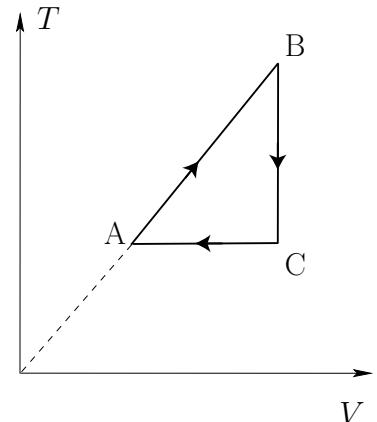
## Exercice 4

(20 points)

Trois moles d'un gaz parfait monoatomique suivent le cycle ABCA représenté par un triangle rectangle dans le diagramme  $T-V$  (voir figure ci-contre).

- S'agit-il d'un moteur ou d'un réfrigérateur ?
- En sachant que  $T_B = 3T_A$ , calculer le coefficient de performance ou le rendement du cycle.
- Calculer la variation d'énergie libre de Gibbs  $\Delta G$  sur la transformation  $C \rightarrow A$  et sur tout le cycle pour  $T_A = 80 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**Indications :** Constante des gaz parfaits  $R = 8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ .



## Exercice 5

(20 points)

Un four à pizza de forme semi-sphérique (diamètre : 5 m) est maintenu à une température de  $380 \text{ }^{\circ}\text{C}$  par un feu de bois. La température extérieure est de  $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . Les parois du four sont faites d'une couche interne en briques thermo-réfractaires, d'épaisseur 15 cm, et d'une couche externe en fer de 1 cm. La densité d'énergie du bois qui brûle est de  $14 \text{ MJ kg}^{-1}$ .

- En supposant qu'une pizza ait besoin de 4 minutes pour cuire, qu'une seule pizza rentre dans le four à la fois, quelle masse de bois sera brûlée pendant une soirée où l'on doit servir 120 pizzas ? Faites l'hypothèse que la seule perte de chaleur se fait par conduction à travers les parois du four, sans aucune perte sur la base du four et que la masse de la pizza est négligeable.
- En supposant que les pizzas, de forme circulaire (rayon : 25 cm), sont des corps gris, quelle est la différence de puissance due au rayonnement des parois du four absorbée par une pizza Margherita ( $e = 0.8$ ) et absorbée par une pizza Quatre-fromages ( $e = 0.6$ ). On fera le calcul lorsque les pizzas sont encore à température ambiante sitôt placées dans le four. On fera l'approximation que les parois du four rayonnent comme un corps noir.
- Laquelle des deux pizzas sera cuite plus rapidement ? Justifier votre réponse

**Indications :** Constante de Stefan-Boltzmann  $\sigma_B = 5.670 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$ ; Conductivité thermique des briques  $k_{\text{brique}} = 0.84 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ; Conductivité thermique du fer  $k_{\text{fer}} = 60.2 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ .