Exercices sur les 2 premiers principes de la thermodynamique

1. 1 kg d'eau à 20 °C devient de la vapeur d'eau en bouillant à température constante à la pression atmosphérique $p = 1{,}013.10^5$ Pa.
   a. Calculer le volume de vapeur d'eau obtenu à 100 °C en admettant qu'elle se comporte comme un gaz parfait.
   b. Calculer la variation d'énergie interne de l'eau.
   On donne la chaleur latente de vaporisation de l'eau $L_V = 2{,}256.10^6$ J.kg^{-1} et sa chaleur massique c = 4180 J.kg^{-1}.°C^{-1}.

2. Un gaz parfait monoatomique est initialement à la pression $p = 5\ p_{atm}$ et à la température de 127 °C. Il subit une détente adiabatique telle que son volume double. Calculer sa nouvelle pression et sa nouvelle température.

3. Un moteur fonctionnant suivant un cycle de Carnot prend une chaleur de 2.000 J à une source à 230 °C et redonne de la chaleur à une source froide à 20 °C. Calculer la chaleur donnée à la source froide, le travail du moteur et le rendement du cycle.

4. 0,2 mole de gaz parfait diatomique ($\gamma = 1{,}4$) suit un cycle de Carnot entre 2 sources l'une à 130 °C et l'autre à 20 °C. Sa pression initiale est de 10^6 Pa et son volume double durant la détente isotherme. calculer la pression, le volume, la chaleur échangée, le travail échangé, la variation d'énergie interne, la variation d'entropie durant chaque étape du cycle et son rendement.

5. On porte 1 kg de glace de 0 °C à 90 °C. Calculer sa variation d'entropie.
   On donne la chaleur latente de fusion $L_f = 3{,}34.10^5$ J.kg^{-1} et la chaleur massique moyenne de l'eau c = 4180 J.kg^{-1}.°K^{-1}.

6. Un bloc de 1 kg d'aluminium à 100 °C est plongé dans 0,5 l d'eau à 20 °C. Calculer la température finale et la variation d'entropie du système.
   On donne la chaleur massique de l'aluminium c = 910 J.kg^{-1}.°C^{-1}.

7. Extrait BTS 1998
   1. A la température de 912 °C sous la pression de 1 bar, le fer subit une transformation allotropique qui le fait passer lors du chauffage d'une forme notée Fe_α de structure cubique centré à une forme notée Fe_γ de structure cubique à faces centrées.
      Pour chacune des deux formes Fe_α et Fe_γ :
      1.1. Dessiner la maille élémentaire.
      1.2. Préciser le nombre n d'atomes de fer contenus en propre dans la maille.
   2. La masse volumique p d'un métal peut être déterminée à partir de la relation :
   $\rho = \frac{nM}{N_A a^3}$ avec M la masse molaire atomique du fer, n le nombre d'ions ou d'atomes par maille élémentaire, N_A la constante d'Avogadro $6{,}023.10^{23}$ mol^{-1} et a l'arête de la maille.
      2.1. Etablir la relation précédente.
      2.2. Calculer les valeurs numériques ρ_α et ρ_γ des masses volumiques à 912 °C de chacune des formes allotropiques du fer. Exprimer le résultat en kg.m^{-3} avec 4 chiffres significatifs.
      On donne : a(Fe_α) = 0,2903 nm et a(Fe_γ) = 0,3646 nm ; M = 55,85 g.mol^{-1}.

3. On considère une masse m de fer subissant la transformation décrite plus haut. Cette transformation est isotherme et isobare. La variation d'enthalpie libre dG au cours de la transformation est telle que : dG = V.dp - S.dT.

3.1. Préciser la signification des termes « isotherme » et « isobare ».

3.2. Que peut-on dire de dG et de G au cours de la transformation ?

3. On envisage la transformation allotropique de la masse m à une température T+dT et à pression p + dp. Les variations dG_α et dG_γ des fonctions G_α et G_γ sont égales.

4.1. En déduire que : $S_\gamma - S_\alpha = (V_\gamma - V_\alpha)\frac{dp}{dT}$

4.2. Pour la transformation réversible envisagée, effectuée à température constante T_0, la variation d'entropie du système est liée à la quantité de chaleur échangée avec le milieu extérieur par : $Q = mL = T_0 (S_\gamma - S_\alpha)$
Définir la chaleur latente de transformation allotropique L et préciser son unité SI.

4.3. Montrer que pour la transformation de la masse m à la température T_0, on a :

$$L = T_0 \left(\frac{1}{\rho_\gamma} - \frac{1}{\rho_\alpha}\right)\left(\frac{dp}{dT}\right)$$

4.4. Sachant que la chaleur latente de la transformation $\alpha \rightarrow \gamma$ vaut 15,0 kJ.kg^{-1}, que p_γ = 7 653 kg.m^{-3} et que ρ_α = 7 581 kg.m^{-3}, déterminer la valeur numérique de $\frac{dp}{dT}$ à la température T_0 (en K) de la transformation. Discuter de l'effet de la pression sur la valeur de la température de la transformation allotropique du fer.