

# Physique II - thermodynamique

## Série supplémentaire

### Exercice 1 – Gaz de van der Waals

On considère l'équation d'état de van der Waals pour une mole de gaz ( $n = 1$ ) :

$$\left(p + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = RT.$$

Le gaz est mécaniquement stable tant que  $\partial p / \partial V < 0$ . On appelle spinodale le lieu de points dans le diagramme  $(p, V)$  pour lesquels  $\partial p / \partial V = 0$ .

1. Montrer que l'équation de la spinodale est donnée par

$$\frac{(V - b)^2}{V^3} = \frac{RT}{2a},$$

et en déduire l'équation de la spinodale  $p = f(V)$ .

2. Calculer les coordonnées  $(p_c, V_c)$  du sommet de la spinodale, ainsi que la température  $T_c$  correspondante.
3. Montrer que pour un fluide de van der Waals, le rapport  $P_c V_c / T_c$  est universel (i.e. indépendant de  $a$  et  $b$ ).

### Exercice 2 – Gaz de van der Waals à dilution infinie

On considère l'équation d'état d'un gaz de van der Waals, exprimée en fonction de  $p$  :

$$p = \frac{nRT}{V - nb} - a \frac{n^2}{V^2}.$$

1. Étudier le comportement asymptotique d'un gaz de van der Waals pour une dilution infinie ( $V \rightarrow +\infty$  ou  $n \rightarrow 0$ ).
2. Qu'est-ce qui se passe si l'on augmente la température ( $T \rightarrow +\infty$ ) ?

### Exercice 3 – Distribution de Maxwell-Boltzmann

On considère 0,5 moles d'hydrogène à 300 K. En se basant sur la distribution des vitesses de Maxwell-Boltzmann, calculer :

1. La vitesse moyenne.
2. La vitesse quadratique moyenne.

3. La vitesse la plus probable.
4. Le nombre de molécules avec une vitesse comprise entre 400 et 401 m/s.

Rappel :

$$\int_0^{+\infty} e^{-x^2} dx = \sqrt{\pi}/2.$$

### Exercice 4 – Températures de mélanges

On veut chauffer 1 litre d'eau initialement à 25 °C à 50 °C en plongeant 250 g d'aluminium dedans. À quelle température doit-on chauffer l'aluminium ?

**A.N. :**  $c_{Al} = 0.214 \text{ cal/g/}^\circ\text{C}$

### Exercice 5 - Volume molaire partiel

Un mélange contenant 20% d'éthanol et 80% d'eau (en masse) présente une masse volumique de  $968.7 \text{ kg m}^{-3}$  à 20 °C. Le volume molaire partiel de l'éthanol dans la solution étant de  $52.2 \text{ cm}^3 \text{ mol}^{-1}$ , calculez le volume molaire partiel de l'eau. (Les masses molaires de l'éthanol et de l'eau sont  $46.07 \text{ g mol}^{-1}$  et  $18.02 \text{ g mol}^{-1}$ .)