Partie VIII : Thermodynamique
Chapitre 1

Correction – TD – Décrire l'état d'un système thermodynamique

I Pression des pneus ★ | [● ○ ○]

1 - La transformation est la suivante :

$$\text{État initial}\left|\begin{array}{l} p_1 = 3{,}2\,\text{bar} \\ V_1 \\ T_1 = -5\,°\text{C} = 268\,\text{K} \\ n_1 \end{array}\right. \longrightarrow \text{État final}\left|\begin{array}{l} p_2 = \ ? \\ V_1 \\ T_2 = 30\,°\text{C} = 303\,\text{K} \\ n_1 \end{array}\right.$$

On a bien $n_2 = n_1$ car le pneu n'a pas de fuites.

Écrivons la relation des gaz parfaits dans l'état 1 : $p_1V_1 = n_1RT_1$.
Et dans l'état 2 : $p_2V_1 = n_1RT_2$.
On fait le rapport des deux : $\dfrac{p_1V_1}{p_2V_1} = \dfrac{n_1RT_1}{n_1RT_2}$, d'où $\boxed{p_2 = p_1 \times \dfrac{T_2}{T_1} = 3{,}6\,\text{bar.}}$

Un manomètre indique la pression relative, donc $p_2' = 2{,}6\,\text{bar}$. C'est significativement différent de la préconisation constructeur. Il faut de toute façon vérifier ses pneus régulièrement !

II Compression d'un gaz [● ○ ○]

Piston à l'équilibre, donc somme des forces nulles : $-m_pg - p_0S + pS - kb = 0$, d'où

$$p = p_0 + \frac{mg}{S} + \frac{kb}{S}.$$

III Pompe à vélo [● ○ ○]

1 - Soupape (a) : laisse passer l'air de l'extérieur vers A.
Soupape (b) : laisse passer l'air de A vers B.

2 - Exprimons la quantité de matière n_p contenue dans le corps A de la pompe : il s'agit d'un volume V_p à p_0 et T_0, d'où

$$n_p = \frac{p_0V_p}{RT_0} = 8{,}8 \times 10^{-3}\,\text{mol.}$$

Écrivons maintenant la transformation subie par le système {gaz dans la chambre à air} :

$$\text{État initial}\left|\begin{array}{l} p_0 \\ V_0 \\ T_0 \\ n_0 \end{array}\right. \longrightarrow \text{État final}\left|\begin{array}{l} p_1 = \ ? \\ V_0 \\ T_0 \\ n_0 + n_p \end{array}\right.$$

On a donc $p_1 = \dfrac{(n_0+n_p)RT_0}{V_0} = \underbrace{\dfrac{n_0RT_0}{V_0}}_{=p_0} + \dfrac{n_pRT_0}{V_0}$.

On remplace n_p par son expression trouvée ci-dessus, et on obtient :

$$\boxed{p_1 = p_0 + \frac{p_0V_p}{V_0} = 1{,}04\,\text{bar.}}$$

3 - La transformation entre le tout début et le coup k :

$$\text{État initial} \left| \begin{array}{l} p_k \\ V_0 \\ T_0 \\ n_0 \end{array} \right. \longrightarrow \text{État final} \left| \begin{array}{l} p_{k+1} \\ V_0 \\ T_0 \\ n_0 + k \times n_p \end{array} \right.$$

C'est donc similaire à précédemment : $p_k = \dfrac{(n_0 + kn_p)RT_0}{V_0} = \underbrace{\dfrac{n_0 RT_0}{V_0}}_{=p_0} + \dfrac{kn_p RT_0}{V_0} = p_0 + k\,\dfrac{p_0 V_p}{V_0}$.

On a donc :

$$\boxed{p_k = k \times \frac{p_0 V_p}{V_0} + p_0.}$$

On souhaite avoir $p_f = 5\,\text{bar}$, soit donc $p_f = k \times \dfrac{p_0 V_p}{V_0} + p_0$, d'où

$$\boxed{k = \frac{(p_f - p_0)V_0}{p_0 V_p} = 100 \text{ coups de pompe.}}$$

IV Atmosphère d'un astéroïde [• • •]

Résolution de problème

- Relation entre vitesse de libération v_l et E_p : $\dfrac{1}{2}mv_l^2 = \dfrac{Gm_a m}{r_a}$.
- Si $v > v_l$, la molécule échappe à l'astéroïde.

  Notons u la vitesse quadratique moyenne des molécules de l'atmosphère de l'astéroïde. Les molécules vont en moyenne rester si $u < v_l$.

  C'est équivalent à $\dfrac{1}{2}mu^2 < \dfrac{1}{2}mv_l^2$, donc à $\dfrac{3}{2}k_B T < \dfrac{Gm_a m}{r_a}$.

On utilise $m = M/N_A$ (M masse molaire, prenons par exemple $32\,\text{g/mol}$ pour du dioxygène), $R = N_A k_B$, et on trouve que c'est équivalent à $T < \dfrac{2Gm_a M}{3Rr_a} = 0{,}1\,\text{K}$.
La température est supérieure, donc trop élevée : les molécules vont trop vite et s'échappent.

Remarque : Ce phénomène d'échappement thermique est aussi à l'œuvre dans des planètes naines ou des satellites comme la Lune, mais de façon moins tranchée car seule une fraction des molécules ont une vitesse suffisament élevée pour s'échapper, et ceci se produit dans la haute atmosphère.