Approche microscopique

Exercice 1 Dissociation du dibrome

1. Quel est le volume occupé par 1,0 g de brome (molécule Br_2) à 600 °C sous la pression normale (1,0 bar) en supposant que c'est un gaz parfait ? On donne la masse molaire de l'élément Brome : $M = 80$ g.mol^{-1}. À cette température on peut négliger la dissociation des molécules.
2. Que deviendrait ce volume à 1 600 °C, toujours sous la pression normale, en supposant que l'on puisse encore négliger la dissociation ?
3. L'expérience montre que ce volume est en fait 1,195 L.

   Montrer que cela peut s'expliquer en considérant qu'une certaine proportion des molécules Br_2 s'est dissociée en atomes Br.

   Calculer le coefficient de dissociation (proportion des molécules dissociées).

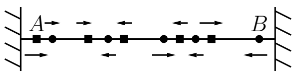
Exercice 2 Vitesse de libération

1. Calculer numériquement à la surface de la Terre et de la Lune, pour une température $T = 300$ K, la vitesse de libération v_ℓ et la vitesse quadratique moyenne $v^\star$ pour du dihydrogène et du diazote. Commenter.

   Données : constante de gravitation universelle : $G = 6{,}64.10^{-11}$ SI ; rayon de la Terre : $R_T = 6{,}4.10^6$ m ; rayon de la Lune : $R_L = 1{,}8.10^6$ m ; masse de la Terre : $M_T = 6{,}0.10^{24}$ kg ; masse de la Lune : $M_L = 7{,}4.10^{22}$ kg ; masses molaires : $M_{\mathrm{H_2}} = 2{,}0$ g.mol^{-1} et $M_{\mathrm{N_2}} = 28$ g.mol^{-1} ; constante des gaz parfaits : $R = 8{,}314$ J.K^{-1}.mol^{-1}.
2. Donner une valeur approchée de la valeur que devrait avoir la température pour que le diazote, constituant majoritaire de l'atmosphère terrestre, s'échappe quantitativement de l'atmosphère terrestre.

Exercice 3 Ensemble de particules

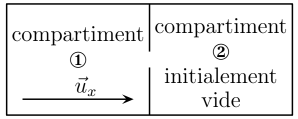
1. Deux particules A et B, de masses m_A et m_B subissent un choc frontal élastique, c'est-à-dire un choc lors duquel l'énergie cinétique totale est conservée. L'ensemble du mouvement (avant et après le choc) se fait sur le même axe horizontal sans frottement.
   (a) Montrer que la quantité de mouvement du système $\mathscr{S} = \{ A + B \}$ est conservée lors du choc.
   (b) Déterminer la variation d'énergie cinétique ΔE_c de A au cours du choc en fonction des vitesses initiales.
2. Un très grand nombre de particules de masses m_A et m_B sont placées alternativement le long d'un axe horizontal sur lequel elles se déplacent sans frottement. Les deux particules extrêmes rebondissent sur les extrémités en conservant leur énergie cinétique.



   En admettant qu'au bout d'un temps suffisamment long la moyenne du produit $v_A\,v_B$ est nul (*ie.* $\langle v_A\,v_B \rangle = 0$), montrer que, quelles que soient les conditions initiales, l'énergie cinétique moyenne est identique pour les deux types de particules.

Exercice 4 Effusion gazeuse

Le récipient de la figure ci-dessous est constitué de deux compartiments de même volume V maintenus à la température T.



À l'instant $t = 0$, une mole (c'est-à-dire $\mathscr{N}_{\mathrm{A}}$ molécules) d'un gaz parfait remplit le compartiment ①, le compartiment ② est vide et on perce un petit trou de section s entre les deux compartiments. On étudie le passage du gaz entre le compartiment ① et le compartiment ②, phénomène que l'on appelle *effusion gazeuse*.

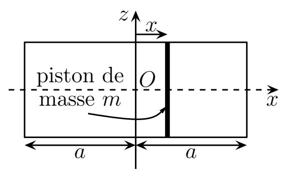
On note $N_1(t)$ et $N_2(t)$ les nombres de molécules dans les compartiments ① et ②. Soit $(\vec{u}_x, \vec{u}_y, \vec{u}_z)$ un trièdre cartésien dont $\vec{u}_x$ est la normale au trou de section s. On adopte pour le gaz parfait le modèle *simplifié* suivant :

➜ La norme $\|\vec{v}\|$ de toutes les molécules est identique, égale à la vitesse quadratique moyenne $v^\star$;
➜ dans tout élément de volume $\mathrm{d}\tau$, les vecteurs vitesses des molécules sont parallèles à l'une des directions de vecteurs directeurs $\vec{u}_x$, $\vec{u}_y$, $\vec{u}_z$, $-\vec{u}_x$, $-\vec{u}_y$, $-\vec{u}_z$, avec un sixième des molécules dans chacune de ces six directions.

1. Établir l'expression du nombre $\mathrm{d}N_{1\to2}$ de molécules contenues dans le compartiment ① à l'instant t et traversant la surface s vers le compartiment ② entre les instants t et $t + \mathrm{d}t$. Même question pour le nombre $\mathrm{d}N_{2\to1}$ de molécules contenues dans le compartiment ② à l'instant t et traversant s vers le compartiment ① entre les instants t et $t + \mathrm{d}t$.
2. En déduire les expressions de $\dfrac{\mathrm{d}N_1(t)}{\mathrm{d}t}$ et $\dfrac{\mathrm{d}N_2(t)}{\mathrm{d}t}$ en fonction de N_1, N_2, s, $v^\star$ et V.
3. Établir les expressions de $N_1(t)$ et $N_2(t)$. Commenter les valeurs limites de N_1 et N_2. Faire apparaître une constante de temps τ caractéristique du phénomène observé et proposer une application numérique. Comment pourrait-on accéder expérimentalement aux variations de $N_1(t)$ et $N_2(t)$ en fonction du temps t ?
4. Comment varie τ avec la masse des molécules ? L'hydrogène H possède un isotope utilisé pour la fusion thermonucléaire, le deutérium D dont le noyau est constitué d'un proton et d'un neutron. Expliquer brièvement comment on peut enrichir en dideutérium D_2 un mélange de dihydrogène H_2 et de dideutérium D_2 par effusion gazeuse.

Exercice 5 Bifurcation dans un système thermomécanique

Un tube cylindrique horizontale d'axe (Ox), de section droite S et de longueur $2\,a$ est séparé en deux compartiments par un piston de masse m dont on repère la position par rapport au point O par son abscisse x (cf. figure ci-contre). Chaque compartiment contient une mole d'un gaz parfait maintenu en équilibre thermodynamique à la température T constante.



1. Le tube est fixe. Étudier les petits mouvements du piston au voisinage de la position d'équilibre $x = 0$.
2. On fait tourner le tube à vitesse angulaire ω constante autour de l'axe vertical (Oz). Déterminer les positions d'équilibre du piston dans le référentiel tournant lié au tube et discuter leur stabilité suivant les valeurs de ω ; faire apparaître une vitesse angulaire critique ω_c.