

## TD TH1 Description microscopique et macroscopique d'un système.

Rayon de la terre :  $R_T = 6380 \text{ km}$ . Accélération de la pesanteur au niveau du sol :  $g_0 = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$ .  
 $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$ .  $R = 8,314 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$ .

### Exercice n°1. Stabilité de l'atmosphère terrestre

$$M_{\text{H}_2} = 2,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}, M_{\text{N}_2} = 28 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}, M_{\text{O}_2} = 32 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

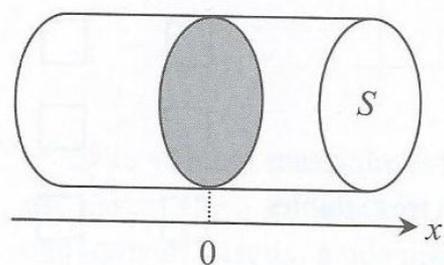
- 1.) Calculer la vitesse de libération  $v_\ell$  à la surface de la Terre, c'est-à-dire la vitesse minimale à communiquer à un objet pour qu'il échappe définitivement à l'attraction gravitationnelle.
- 2.) Calculer la vitesse quadratique moyenne  $u$  pour le dihydrogène, le diazote et le dioxygène, pour une température  $T=300\text{K}$ . Commenter le résultat obtenu en admettant que les molécules peuvent s'échapper dans l'espace si la vitesse quadratique moyenne atteint le dixième de la vitesse de libération.
- 3.) Quel devrait être l'ordre de grandeur de la température à la surface de la Terre pour que les molécules de diazote puissent échapper à l'atmosphère terrestre ?

### Exercice n°2. Enceinte horizontale à deux compartiments

On place dans les deux compartiments d'une enceinte la même quantité  $n$  de deux gaz parfaits monoatomiques identiques. Ces deux compartiments sont séparés par un piston mobile de section  $S = 200 \text{ cm}^2$ .

Initialement, les deux gaz ont même température  $T_0 = 300\text{K}$ , même volume  $V_0 = 10,0\text{L}$  et même pression  $P_0 = 10,0\text{bar}$ .

Le piston est au centre de l'enceinte à l'abscisse  $x=0$ .



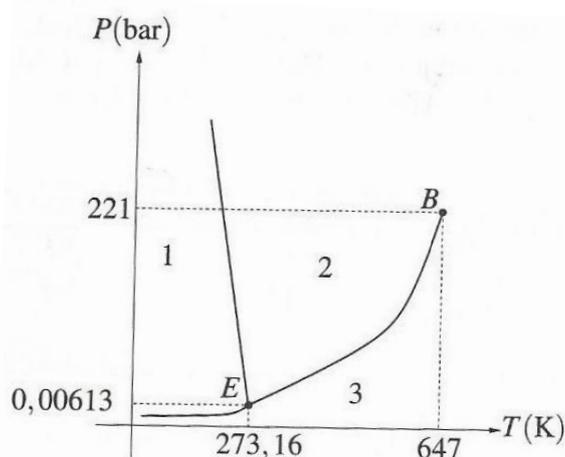
1. Calculer la quantité de matière  $n$  de gaz dans chacun des deux compartiments.
2. On élève la température du gaz dans le compartiment de gauche jusqu'à  $T_F = 350\text{K}$ , tout en maintenant la température du compartiment de droite à  $T_0$ . Calcule l'abscisse  $x$  du piston, une fois le nouvel équilibre atteint.

### Exercice n°3. Etude de quelques transformations d'un corps.

Dans cet exercice, on s'intéresse à l'eau dont le diagramme des phases est donné ci-contre.

$$M_{\text{eau}} = 18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

- 1) Compléter ce diagramme en donnant les domaines d'existence des différentes phases et en définissant les points caractéristiques.
- 2) Définir la pression de vapeur saturante et préciser de quels paramètres elle dépend.
- 3) Comment appelle-t-on le passage de la vapeur au liquide ?
- 4) Représenter le diagramme donnant la pression en fonction du volume pour la transformation correspondante. On définira les domaines et on tracera les courbes de rosée et d'ébullition.



5) Soit une enceinte cylindrique diathermane de volume initial  $V = 10L$ , ce volume pouvant être modifié en déplaçant sans frottements un piston. L'ensemble est maintenu sous la pression atmosphérique à la température  $T = 373K$ . A cette température, la pression de vapeur saturante vaut  $1,0 \text{ bar}$ . La vapeur sera considérée comme un gaz parfait.

On néglige le volume occupé par la phase liquide devant le volume occupé par la vapeur. Le cylindre étant initialement vide, on introduit, piston bloqué, une masse  $m$  d'eau. Déterminer la masse maximale  $m_{\max}$  d'eau que l'on peut introduire pour que l'eau soit entièrement sous forme de vapeur. On donnera sa valeur en fonction de  $R, T, V, P_s$  la pression de vapeur saturante et  $M_{\text{eau}}$  la masse molaire de l'eau.

6) On considère que la masse d'eau introduite est inférieure à  $m_{\max}$ . Dans quel état se trouve l'eau ?

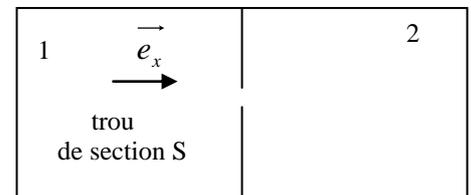
7) Pour obtenir l'équilibre entre les phases liquide et vapeur de l'eau, faut-il augmenter ou diminuer le volume ? Déterminer le volume limite  $V_{\text{lim}}$  à partir duquel on a cet équilibre.

8) La masse  $m$  d'eau introduite est telle qu'on a l'équilibre entre les phases liquide et vapeur. Déterminer la fraction massique d'eau sous forme de vapeur.

#### Exercice n°4 : Effusion gazeuse.

Un récipient est constitué de deux compartiments de même volume  $V$  maintenus à la température  $T$ .

A l'instant  $t=0$ , une mole d'un gaz parfait (c'est-à-dire  $N_A$  molécules) 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 les deux compartiments, 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) à l'instant  $t$ .

Soit  $(\vec{e}_x, \vec{e}_y, \vec{e}_z)$  un trièdre cartésien dont  $\vec{e}_x$  est la normale au trou de section  $S$ .

On adopte pour le gaz parfait le modèle simplifié suivant :

- la norme de la vitesse de toutes les molécules est identique, égale à la vitesse quadratique moyenne  $u^*$ .
- dans tout élément de volume  $dV$ , les vecteurs-vitesses des molécules sont parallèles à l'une des six directions de vecteurs-directeurs  $\vec{e}_x, \vec{e}_y, \vec{e}_z, -\vec{e}_x, -\vec{e}_y, -\vec{e}_z$  avec un sixième des molécules dans chacune des directions.

1.) Etablir l'expression du nombre  $dN_{1 \rightarrow 2}$  de molécules traversant la surface  $S$  du compartiment (1) vers le compartiment (2) entre les instants  $t$  et  $t+dt$ .

Même question pour le nombre  $dN_{2 \rightarrow 1}$  de molécules contenues dans le compartiment (2) à l'instant  $t$  et traversant la surface  $S$  vers le compartiment (1) entre les instants  $t$  et  $t+dt$ .

2.) En déduire les expressions de  $\frac{dN_1}{dt}$  et  $\frac{dN_2}{dt}$  en fonction de  $N_1, N_2, S, u^*$  et  $V$ .

3.) Etablir 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  $\tau$  caractéristique du phénomène observé.

A.N. :  $T=293K$ . diazote  $N_2$   $M=28 \text{ g.mol}^{-1}$ .  $V=20 \text{ L}$ .  $S=1 \text{ mm}^2$ .  $R = 8,314 \text{ J.K.mol}^{-1}$ . Calculer  $\tau$ . Comment pourrait-on accéder expérimentalement aux variations de  $N_1(t)$  et  $N_2(t)$  en fonction du temps ?

4.) Comment varie  $\tau$  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.