TD Système thermodynamique

Exercice 1 : Densité particulaire (200, 201, 207, 208)

1. Calculer le nombre de molécules par μm^3 dans un gaz parfait à $27°C$ sous une pression de 1 atmosphère. Conclure sur l'intérêt de l'échelle mésoscopique.
2. Calculer le volume occupé par une mole d'un gaz parfait à la température de $0°C$ sous la pression atmosphérique normale. En déduire l'ordre de grandeur de la distance moyenne entre molécules. Comparer au libre parcours moyen.
3. Estimer l'ordre de grandeur de la masse d'air contenue dans l'amphi. On donne la masse molaire moyenne de l'air $M = 28{,}96\ g/mol$.

Exercice 2 : Vitesses (203, 204)

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_q pour du dihydrogène et du diazote. Commenter.

<u>Données :</u>
Constante de gravitation $G = 6,67.10^{-11}\ SI$.
Rayon terrestre $R_T = 6{,}4.10^6\ m$; masse de la Terre $M_T = 6.10^{24}\ kg$.
Rayon lunaire $R_L = 1{,}8.10^6\ m$; masse de la Lune $M_L = 7{,}4.10^{22}\ kg$.
Masses molaires : $M(H_2) = 2\ g.mol^{-1}$ et $M(N_2) = 28\ g.mol^{-1}$.
Constante des GP : $R = 8,314\ J.K^{-1}.mol^{-1}$.

2. Quel devrait être l'ordre de grandeur de la température T pour que le diazote, constituant majoritaire de l'atmosphère terrestre, échappe quantitativement à l'attraction terrestre ?

Exercice 3 : Gaz réels (213)

On considère les données isothermes suivantes à $280K$ pour le dioxyde de carbone gazeux (isothermes d'Andrews)

Pression (bar)	20	25	34	40	46
Volume molaire (L/mol)	1,04	0,80	0,54	0,43	0,34

1. Représenter ces données dans un diagramme d'Amagat (pV_m, p). Qu'en déduire sur le comportement du CO_2 dans les conditions de température et de pression ?
2. Pour quelle valeur de pV_m la courbe extrapolée par une droite coupe t'elle l'axe des ordonnées ? Commenter.
3. Donner l'allure de l'évolution de la pression en fonction du volume molaire dans le cas d'un liquide.

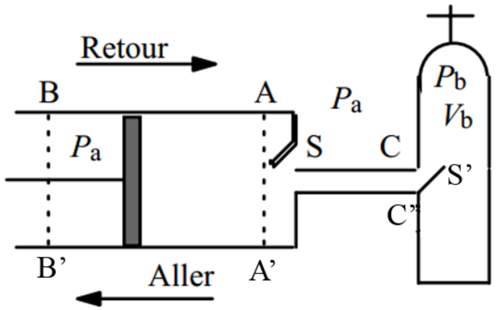
Exercice 4 : Deux récipients (202, 206, 208)

Un récipient (A) de volume $V_A = 1\ L$, contient de l'air à $t_A = 15°C$ sous une pression $P_A = 72\ cmHg$. Un autre récipient (B) de volume $V_B = 1\ L$, contient également de l'air à $t_B = 20°C$ sous une pression $P_B = 45\ atm$. On réunit (A) et (B) par un tuyau de volume négligeable et on place l'ensemble dans un thermostat à $t = 15°C$.
On modélise l'air par un gaz parfait de masse molaire $M = 29\ g.mol^{-1}$.
<u>Données</u> : le « centimètre de mercure » est défini par la relation $1\ atm = 76\ cmHg = 1,013.10^5\ Pa$.

1. Quelle est la pression finale de l'air dans les récipients ?
2. Quelle est la masse d'air qui a été transférée d'un récipient dans l'autre ?

Exercice 4 : Bouteille de plongée (204, 208)

Afin d'effectuer le remplissage d'une bouteille à parois indéformables, de volume V_b, on utilise un compresseur constitué d'un cylindre, de deux soupapes S et S' et d'un piston, mobile sans frottement entre les positions extrêmes AA' et BB'. Lors de l'aller (phase d'aspiration) la soupape S est ouverte alors que S' est fermée ; on a alors admission de l'air atmosphérique dans le cylindre à la pression P_{atm}. Lors du retour (phase de compression), l'air dans le cylindre est comprimé, de la pression P_a à la pression P_b ; la soupape S est fermée alors que la soupape S' s'ouvre dès que la pression dans le cylindre devient supérieure à celle de la bouteille P_b. Quand le piston est en AA', le volume limité par le piston et la section CC' est V_{min} ; quand le piston est en BB', ce volume est égal à V_{max}. Les transformations de l'air sont isothermes (les températures dans le cylindre et dans la bouteille sont identiques, égales à la température T_a de l'atmosphère) ; les transformations sont quasi-statiques ; l'air est toujours considéré comme un gaz parfait.



1. La pompe n'ayant pas encore fonctionné, l'état initial du système est le suivant :
- Bouteille : pression $P_b = P_{atm}$, température $T_b = T_a$.
- Cylindre : pression P_{atm}, température T_a, position du piston AA'

Le piston fait un aller et un retour. Déterminer la pression P_b à l'intérieur de la bouteille à la fin de cette transformation ; en déduire, sous l'hypothèse $V_{min} \ll V_b$, la variation Δn du nombre de moles contenues dans la bouteille.
Application numérique : $V_b = 5.10^{-3} m^3$, $V_{min} = 2.10^{-5} m^3$, $V_{max} = 2.10^{-3} m^3$, $T_a = 293 K$ et $R = 8{,}31\, J/mol/K$.

2. Le compresseur ayant fonctionné, on considère qu'à un instant t donné, la soupape S est ouverte alors que la soupape S' est fermée ; l'état du système est alors le suivant :
- Bouteille : pression $P_b = p$, température $T_b = T_a$.
- Cylindre : pression P_{atm}, température T_a, position du piston AA'

Le piston fait un aller-retour ; déterminer le volume d'air V' dans le cylindre lorsque la soupape S' s'ouvre, puis, en fonction de p, V_b, V_{min}, V_{max}, T_a, P_{atm} et la pression p' dans la bouteille à la fin de cette opération. En déduire, en fonction des mêmes grandeurs, la variation Δp de la pression à l'intérieur de la bouteille. Déterminer la pression maximale p_{max} que l'on peut obtenir par ce procédé et interpréter le résultat obtenu.

3. Calculer Δp et p_{max} pour $p = 0{,}2.10^7 Pa$, et en conservant les données numériques antérieures.
4. On considère l'instant t de la question 2, l'état du système étant identique. Le piston fait α allers retours par seconde, la durée de chaque aller-retour est notée $t = \frac{1}{\alpha}$. Établir l'équation différentielle liant p et $\frac{dp}{dt}$. On assimilera $\frac{dp}{dt}$ et $\frac{\Delta p}{\Delta t}$.
5. Le compresseur ayant démarré à l'instant $t = 0$, les conditions initiales étant celles qui ont été définies à la question 1, déterminer la pression $p(t)$ à un instant t quelconque. Compte-tenu de l'inégalité $V_{min} \ll V_b$, on pourra poser $\tau = \frac{V_b}{\alpha V_{min}}$. Pour $\alpha = 4$ allers et retours par seconde, calculer le temps T au bout duquel la pression p dans la bouteille est égale à $0{,}5.10^7 Pa$.

Résolution de problème

Un fil métallique chargé d'un poids peut traverser un bloc de glace sans le couper. (http://www.youtube.com/watch? v=XpVD2Y0d-Nk)

A l'aide du diagramme (p, T) de l'eau, interpréter cette expérience.

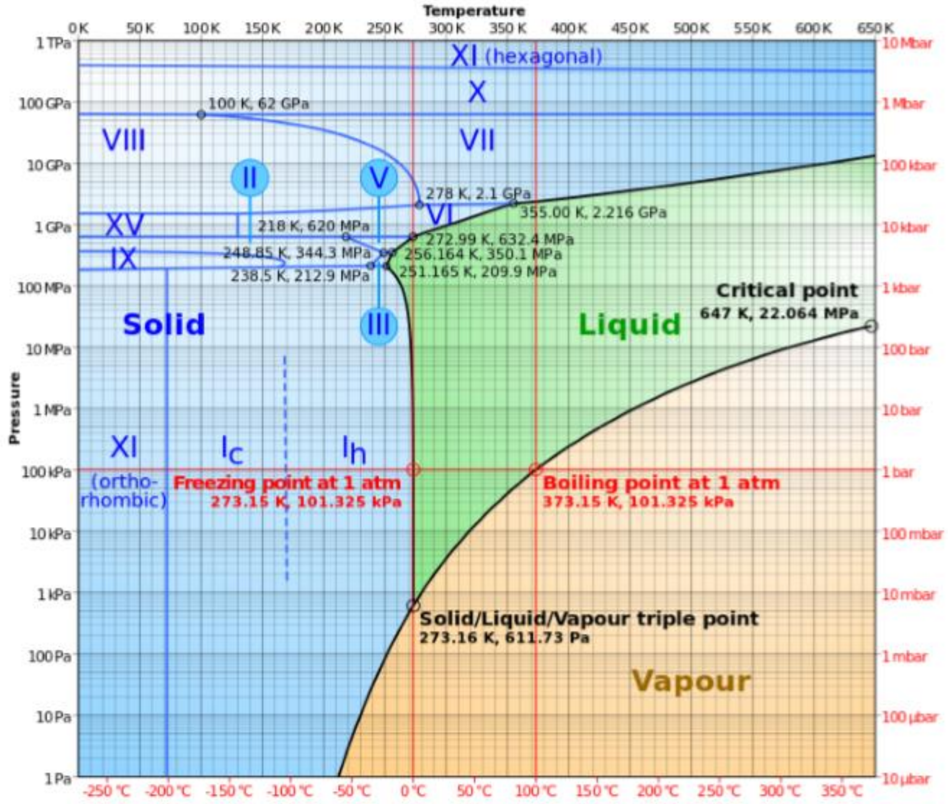


Diagramme (p, T) de l'eau

Oral de concours : Extrait Centrale MP 2014

Un gaz de Van der Waals a pour équation d'état $\left(P + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = RT$ pour une mole. Au point critique, l'isotherme possède un point d'inflexion à tangente horizontale dans le diagramme de Clapeyron.
On donne $P_c = 40\ bar$ et $T_c = 190°C$ au point critique. Déterminer les valeurs de a, b et V_c volume molaire au point critique.