

TD 17 : Description d'un système thermodynamique à l'équilibre

1 Questions qualitatives sur les changements d'état

1. Dans une centrale nucléaire à REP (réacteur à eau pressurisée) le circuit primaire contient de l'eau liquide dont la température varie entre 286°C en entrée de la cuve du réacteur et 323°C en sortie de cuve. En utilisant un diagramme de l'eau, déterminer si la pression est de 1,55 bar, 15,5 bar ou 155 bar.

2. Pourquoi les patins glissent-ils sur la glace ?

3. On remplit à moitié une bouteille d'eau minérale en plastique avec de l'eau chaude, puis on la ferme bien. Que se passe-t-il quand la bouteille refroidit ? Pourquoi ?

2 Pression de pneumatiques

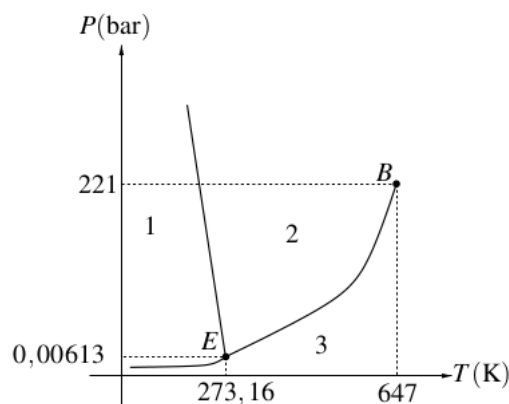
En hiver, par une température extérieure de -10°C , un automobiliste règle la pression de ses pneus à $p_1 = 2\text{ atm}$, pression préconisée par le constructeur. Cette valeur est affichée sur un manomètre qui mesure l'écart entre la pression des pneumatiques et la pression atmosphérique. On rappelle que $1\text{ atm} = 1,013 \cdot 10^5\text{ Pa}$.

1. Quelle serait l'indication p_2 du manomètre en été à 30°C ? On suppose que le volume des pneus ne varie pas et qu'il n'y a aucune fuite au niveau de ce dernier.

2. Calculer la variation relative de pression due au changement de température. Conclure.

3 Étude de quelques transformations d'un corps

Dans cet exercice, on s'intéresse à l'eau dont le diagramme des phases est donné par :



1. Reproduire ce diagramme et le compléter 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 quel(s) paramètre(s) 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 , ce volume pouvant être modifié en déplaçant sans frottement un piston. L'ensemble est maintenu sous la pression atmosphérique à la température $T = 373 \text{ K}$. À cette température la pression de vapeur saturante vaut $1,0 \text{ bar}$. La vapeur d'eau sèche et saturante sera considérée comme un gaz parfait. On néglige le volume occupé par la phase liquide devant le volume occupé par la vapeur, ainsi le volume de la phase gazeuse est égal au volume total de l'enceinte. Le cylindre étant initialement vide, on introduit, piston bloqué, une masse m d'eau. Déterminer la masse maximale m_{max} d'eau qu'on peut introduire pour que l'eau soit entièrement sous forme vapeur. On donnera sa valeur en fonction de R , T , V , P_S la pression de vapeur saturante et M_{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_{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 vapeur.

4 Équilibre d'un piston

Un cylindre vertical fermé aux deux bouts est séparé en deux compartiments égaux par un piston homogène, se déplaçant sans frottement. La masse du piston par unité de surface est $\sigma = 1360 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$. Les deux compartiments contiennent un gaz parfait à la température $t_1 = 0^\circ \text{C}$. La pression qui règne dans le compartiment supérieur est égale à $P_H = 0,133 \text{ bar}$. L'intensité de la pesanteur est $g = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

1. En écrivant que le piston est à l'équilibre, déterminer la pression, en bars, du gaz dans le compartiment du bas.
2. On porte les deux compartiments à $t_2 = 100^\circ \text{C}$. De combien se déplace le piston ?

5 Étude d'un compresseur

Un compresseur est constitué de la façon suivante : un piston se déplace dans un cylindre C qui communique par des soupapes s et s' respectivement avec l'atmosphère (pression P_a) et avec le réservoir R contenant l'air comprimé. Le réservoir R contient initialement de l'air considéré comme gaz parfait à la pression $P_0 \geq P_a$. Le volume du réservoir R , canalisations comprises, est

V . Le volume offert au gaz dans C varie entre un volume maximum V_M et un volume minimum V_m , volume nuisible résultant de la nécessité d'allouer un certain espace à la soupape s .

- La soupape s s'ouvre lorsque la pression atmosphérique P_a devient supérieure à la pression dans le cylindre C et se ferme pendant la descente du piston.
- La soupape s' s'ouvre lorsque la pression dans le réservoir devient supérieure à celle du gaz dans le cylindre C et se ferme pendant la montée du piston.

Au départ, le piston est dans sa position la plus haute ($V = V_M$), s' est fermée, s est ouverte et le volume V_m est rempli d'air à la pression P_a .

1.a. En supposant que le piston se déplace assez lentement pour que l'air reste à température constante, calculer le volume V_1' pour lequel s' s'ouvre, en fonction de P_0 , P_a et V_M .

1.b. Calculer la pression P_1 dans le réservoir R après le premier aller et retour.

1.c. En écrivant une condition sur V_1' , calculer la valeur P_{max} au-dessus de laquelle la pression ne peut pas monter dans le réservoir.

2. Calculer la pression P_n dans le réservoir R après n allers et retours du piston.

3. Donner la valeur limite de P_n quand $n \gg 1$. Comparer cette limite avec P_{max} .

4. Calculer P_1 et P_{max} avec $V = 5 \text{ L}$, $V_M = 0,25 \text{ L}$, $V_m = 10 \text{ cm}^3$, $P_0 = P_a = 1 \text{ bar}$.

6 Énergie interne d'un gaz - Gaz réel ou parfait ?

Les valeurs expérimentales de l'énergie interne massique de la vapeur d'eau sont les suivantes :

$T \text{ (K)}$	523	573	623	673
à $P = 10 \text{ bar}$	2711	2793	2874	2956
à $P = 20 \text{ bar}$	2683	2773	2859	2944

1. Tracer les courbes donnant l'énergie interne en fonction de la température.

2. A-t-on un gaz parfait ? Justifier.

3. Comparer la capacité thermique à volume constant à celle d'un gaz parfait monoatomique.