**TD de Thermodynamique II**

**Série n° 3**

**Exercice 3.1 : Ecoulement d’un fluide**

|  |  |
| --- | --- |
| Dans un volume de contrôle S, un fluide pénètre en **1** à la vitesse v1 et à l’altitude z1 et ressort en **2** à la vitesse v2 et à l’altitude z2 (figure ci-contre).  Entre les instants t et t + dt, une masse dm1 de fluide entre dans le volume de contrôle S et une masse dm2 en ressort. |  |

Le système, délimité par la frontière S, reçoit de l’extérieur une énergie chaleur  et une énergie travail  autre que le travail des forces de pression.

**1)** Déterminer la variation d’énergie interne totale entre les instants t et t + dt.

**2)** En déduire qu’en régime permanent, et si le système ne reçoit de l’extérieur ni chaleur ni travail, on a :



**3)** Déduire la vitesse v d’écoulement d’un gaz parfait à la sortie d’un mince tube horizontal, si la vitesse du gaz à l’entrée de S est négligeable, et ses températures sont T1 = 300 K à l’entrée et T2 = 295 K à la sortie.

**Données :** Masse molaire du gaz : M = 28 g.mol-1 ; Rapport des chaleurs spécifiques : g = cp/cv = 7/5 ;

Constante universelle des gaz parfaits : R = 8,314 J.mol-1.K-1.

**Exercice 3.2 : Chaleur latente de vaporisation**

Un cylindre muni d’un piston susceptible de se déplacer sans frottement contient une mole de vapeur d’eau à l’état surchauffée. Les parois du cylindre sont conductrices d’énergie chaleur et sont placées dans un bain thermostaté dont on peut régler la température. La vapeur d’eau pourra être assimilée à un gaz parfait jusqu’à l’état de saturation.

**1)** La température étant maintenue constante à T0 = 300 K, on comprime la vapeur de manière réversible et isotherme du volume V0 = 3 m3 au volume V1 = 0,63 m3. La vapeur se trouve alors partiellement liquéfiée et la pression est P1 = 1300 Pa.

**a-** Calculer le volume V" où apparaît la première gouttelette de liquide.

**b-** Déterminer l’énergie travail mise en jeu lors de la compression de la vapeur

**c-** Le volume massique de l’eau liquide est v = 1 cm3.g -1, calculer en mole, la quantité de vapeur d’eau dans l’état P1, V1.

**2)** Le volume étant fixé à V1, on élève la température de T0 à T. La chaleur latente de vaporisation de l’eau est supposée fonction linéaire de la température : ℓ = aT + b (a = - 48,66 J.mol-1.K-1, b = 56587 J.mol-1)

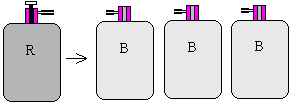
**a-** En négligeant le volume molaire de l’eau liquide devant celui de la vapeur, montrer que la pression de vapeur saturante est liée à la température par la relation : .

**b-** Trouver une relation donnant la température T2 à laquelle la phase liquide disparaît (on calculera une valeur approchée de T2 en posant T2 = T0 + δT et en considérant δT << T0).

**Exercice 3.3 : Remplissage de bouteilles de gaz**

Un réservoir métallique indéformable de volume V0 = 20 ℓ contient une masse m0 = 12 kg de Fréon 12 (CF2Cl2) à la température T0 = 10 °C.

**1)** Déterminer l'état thermodynamique (P0, v0, T0, h0) du Fréon 12 en ce point M0.



Comme indiqué sur la figure, le réservoir R sert pour remplir en vapeur de Fréon 12 saturée, une par une, des bouteilles de même volume V0 et contenant initialement du Fréon 12 à la température T0 et sous une pression Pb = 1 bar chacune. Ces remplissages se font à la même température T0 pour une ouverture du robinet r jusqu'à équilibre de pression.

**2)** Déterminer l'état thermodynamique (P1, v1, h1) du fluide dans le réservoir après le remplissage d’une bouteille. Calculer la masse de Fréon 12 restant dans R.

**3)** Calculer le nombre maximum n de bouteilles à remplir en vapeur de Fréon 12 saturée.

**4)** Déterminer l'état thermodynamique (P2, v2, h2) du fluide dans le réservoir R après le remplissage des n bouteilles. Calculer la masse de Fréon 12 restant dans le réservoir.

**5)** Le réservoir R est ensuite mis en communication, encore une fois, avec une autre bouteille identique aux précédentes, déterminer l'état thermodynamique (P3, v3) du fluide dans le réservoir R.

**6)** Déterminer qualitativement, sur le diagramme P-v, la position des points M0, M2 et M3 représentatifs des états du fluide.

La vapeur de Fréon 12 peut être assimilée à un gaz parfait.

**On donne :** masse molaire du Fréon 12 : M = 121 g.mol-1 ;

constante molaire universelle des gaz parfaits : R = 8,314 J.mol-1.K-1.

Etat de saturation du Fréon 12 à T = 10 °C :

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| T (°C) | P (bar) | v' (m3.kg-1) | v" (m3.kg-1) | h' (kJ.kg-1) | h" (kJ.kg-1) |
| 10 | 4,23 | 7,34.10-4 | 4,2.10-2 | 428 | 578 |