

TD n°3 Thermodynamique 2014

Equations d'état – modèles de corps purs - Transformations

I/ Evolution irréversible d'un gaz parfait dans un échangeur

Du dioxyde de carbone traverse un échangeur de chaleur : il entre à 150°C sous une pression absolue de 15 bar et ressort à 40°C sous une pression absolue de 13,5 bar et circule avec un débit d'1kg.s⁻¹.

- 1/ En négligeant la variation d'énergie cinétique, calculer la chaleur fournie par le CO₂.
- 2/ Quelle est la cause de la chute de pression entre l'entrée et la sortie ? Trouver l'origine de cette chute de pression en argumentant à partir des relations générales de la thermodynamique.
- 3/ En raisonnant sur le terme de dissipation $\delta\psi$, montrer comment l'irréversibilité est liée à la perte de pression évoquée précédemment. Calculer la valeur numérique du travail des forces intérieures de frottement. Pour y parvenir, on fera l'hypothèse d'une évolution polytropique dans l'échangeur de la forme : $PV^n = \text{Cte}$ (avec n à déterminer).

II/ détente adiabatique d'un gaz de van der Waals

Du dioxyde de carbone traverse un capillaire calorifugé : il entre à 60°C sous une pression absolue de 10 bars et ressort sous une pression absolue de 1bar.

- 1/ Quelle est la nature de l'évolution subit par le gaz? Donner la cause de la chute de pression.
- 2/ Quelle serait la variation de température si le gaz était parfait ?
- 3/ En réalité, la pression est trop importante pour pouvoir considérer le gaz comme parfait. On veut déterminer la température de sortie du gaz. Pour cela on adopte un modèle de gaz de van der Waals.
 - a/ Ecrire l'équation d'état de l'enthalpie sous forme différentielle.
En déduire la relation reliant la dT et dP au cours de l'évolution du gaz dans le capillaire.
 - b/ Donner l'équation d'état $v^*(P, T)$ d'un gaz de Van der Waals. Montrer que pour $\frac{b^*}{v^*} \ll 1$ on peut l'écrire sous la forme utile : $v^* = \frac{RT}{P} + b^* - \frac{a^*}{RT}$
 - c/ Calculer les coefficients thermodynamiques nécessaires au calcul de dT.
 - d/ Evaluer la température de sortie.

On donne les constantes de Van der Waals : $a^* = 3,59 \cdot 10^6 \text{ bar.cm}^6/\text{mole}^2$

$$b^* = 42,7 \text{ cm}^3/\text{mole}$$

$$C_p^* = 38,6 \text{ J/mole/K} \quad \text{à } 60^\circ\text{C}$$

III/ Recherche de l'équation d'état à partir des coefficients thermoélastiques

Des études expérimentales réalisées sur un gaz ont montré que ses coefficients molaires de dilatation isobare α et de compressibilité isotherme K_T (pour une mole) peuvent s'exprimer en fonction de la pression P et de la température T sous la forme :

$$\alpha = \frac{R}{RT + b^*P} \quad \text{et} \quad K_T = \frac{RT}{P(RT + b^*P)} \quad \text{où } b \text{ est une constante.}$$

Trouver l'équation d'état $f(v^*, P, T) = 0$ pour une mole de gaz en exploitant les relations aux dérivées partielles et les propriétés à faible pression.