

T2 – TRANSFERT ET CONVERSION D'ÉNERGIE - PREMIER PRINCIPE DE LA THERMODYNAMIQUE

Travaux Dirigés (2)

Exercice 1 : Deux chemins différents

Un gaz parfait idéal ($\gamma = \text{cste}$), n moles, subit deux transformations différentes d'un même état initial $A(P_0, V_0)$ vers un même état final $B(2P_0, 2V_0)$.

- La transformation AC_1B constituée d'une isobare AC_1 et d'une isochore C_1B .
- La transformation AC_2B constituée d'une isochore AC_2 et d'une isobare C_2B .

Toutes les transformations sont quasi-statiques (c'est-à-dire mécaniquement réversibles).

1. Tracer les deux transformations sur un diagramme de Watt.
2. Calculer, pour chaque transformation, le travail reçu et la variation d'énergie interne par le gaz de la part du milieu extérieur en fonction de P_0 , V_0 et $\gamma = c_P/c_V$.
3. En déduire, pour chaque transformation, le transfert thermique reçus par le gaz de la part du milieu extérieur en fonction de P_0 , V_0 et γ .

Exercice 2 : Transformation affine dans le diagramme de Watt

Un système contenant n_0 mol de gaz parfait passe d'un état initial (P_0, V_0) à un état final $(P_0/k, k V_0)$, $k > 1$ lors d'une évolution mécaniquement réversible représentable par une droite dans le diagramme de Watt.

- 1 - Que peut-on dire des températures initiale et finale?
- 2 - Par un argument graphique, montrer que la transformation n'est pourtant pas isotherme. Déterminer si la température passe par un maximum ou par un minimum au cours de la transformation.
- 3 - Établir l'équation de la courbe représentant la transformation en fonction de P_0 , V_0 et k .
- 4 - Déterminer le travail reçu par le gaz au cours de la transformation. Peut-elle être adiabatique?

Exercice 3 : Transitions de phase pour le dioxyde de carbone

Ce problème explore quelques propriétés du dioxyde de carbone.

Le diagramme de phase du CO_2 est donné ci-dessous, ainsi que les coordonnées de quelques points importants.

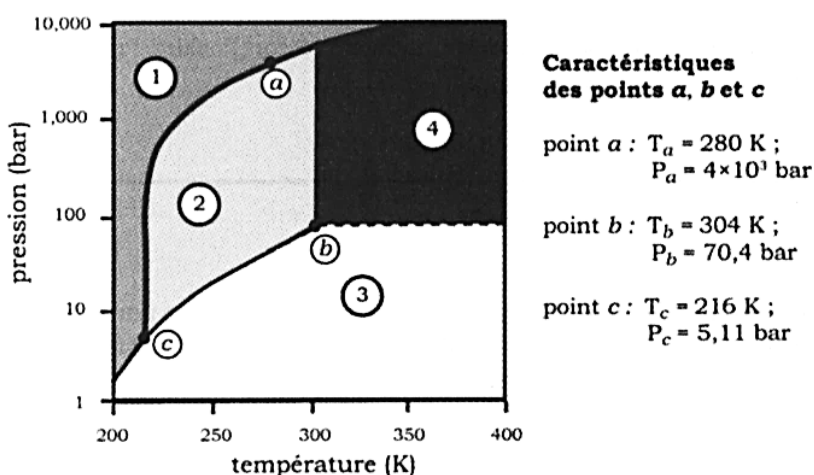


Figure 15.3. Diagramme de phases du dioxyde de carbone CO_2

Données : Masse molaire : $M_{\text{CO}_2} = 44 \text{ g mol}^{-1}$.

Pressions de vapeur saturante P_{sat} , volumes massiques du liquide saturant ν_l et de la vapeur saturante ν_v , pour différentes températures, dans le tableau suivant.

Température T (K)	235	250	265	280	295
P_{sat} en bar	10,7	18,0	28,1	41,9	59,5
ν_l (en $\text{m}^3 \text{ kg}^{-1}$)	$9,0 \times 10^{-4}$	$9,6 \times 10^{-4}$	$1,0 \times 10^{-3}$	$1,1 \times 10^{-3}$	$1,3 \times 10^{-3}$
ν_v (en $\text{m}^3 \text{ kg}^{-1}$)	$3,6 \times 10^{-2}$	$2,1 \times 10^{-2}$	$1,3 \times 10^{-2}$	$8,1 \times 10^{-3}$	$4,7 \times 10^{-3}$

L'enthalpie de sublimation du CO_2 est de $573 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ sous $P = P_{\text{atm}}$

- Donner le nom de l'état physique dans chacune des zones 1, 2, 3 et 4, puis celui des points **b** et **c** et préciser leur particularité.
- Sur votre copie, reproduire l'allure du diagramme de Clapeyron du CO_2 suivant (**faire un diagramme assez grand**), et y indiquer (ou surligner) les points ou courbes suivants :
 - Courbe de rosée,
 - Courbe d'ébullition,
 - Isotherme 280 K,
 - Point L correspondant au liquide saturant à 280 K,
 - Point V correspondant à la vapeur saturante à 280 K,
 - Point critique C.

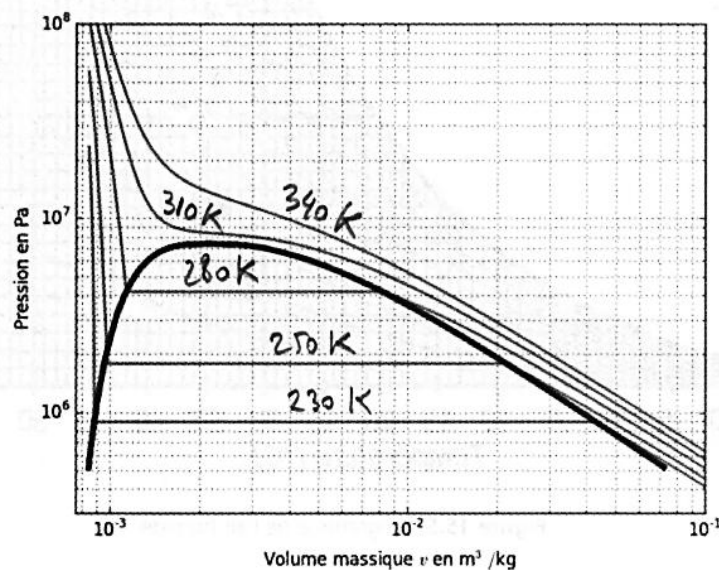


Figure 15.4. Diagramme de Clapeyron du dioxyde de carbone. Isothermes 230 K, 250 K, 280 K, 310 K, 340 K

- Quelle est la caractéristique principale d'un changement d'état à pression constante ?
- Quelle est la pression de vapeur saturante pour une température de 265 K ?
- Pour combattre l'augmentation de la quantité de CO_2 dans l'atmosphère, gaz à effet de serre bien connu, une idée consiste à le séquestrer sous un dôme d'argile, dans un aquifère salin profondément enfoui. On réalise une compression en plusieurs étapes :
 - La quantité de matière $n_0 = 4,0 \cdot 10^3 \text{ mol}$ de CO_2 , à la température initiale de 280 K, occupe un volume $V_0 = 10 \text{ m}^3$. Elle est comprimée de façon isotherme jusqu'à l'état A, de volume $V_A = 0,53 \text{ m}^3$.
 - A partir de cet état, le CO_2 subit une élévation de température isochore jusqu'à $T_B = 310 \text{ K}$.
 - Représenter ces 2 transformations sur le diagramme de Clapeyron de votre copie.
 - Quel est l'état physique du CO_2 en A ? en B ?
 - Calculer le titre massique en vapeur si cela a un sens.