

Examen de Thermodynamique

Licence Sciences et Techniques - 2^{ème} année
- Phys4B -
- Contrôle Terminal -
durée de l'examen : 2h00
calculatrice autorisée

5 mai 2025

Cet examen comporte 3 questions pour un total de 22 points.

Question1 (6 points)

I - Questions de cours.

- (a) Donner la définition de γ à partir de C_p et C_v respectivement les capacités calorifiques à pression et volume constants. Rappeler la relation de Mayer.
- (b) Donner les expressions de C_p et C_v à partir de γ et R .
- (c) Enoncer les 1^{ère} et 2^{ème} lois de Joule.
- (d) Enoncer le premier principe.
- (e) Rappeler la définition de l'enthalpie H à partir de l'énergie interne U , de la pression et du volume à une température T donnée.
- (f) Donner les expressions des différentielles de U et de H en fonction des variations de la quantité élémentaire de chaleur Q , de celles de la pression P et/ou du volume V .

Question2 (8 points)

II - Transformation cyclique d'un gaz parfait. Une mole d'un gaz parfait subit le cycle de transformations suivant :

- de l'état (1) (T_1, P_1, V_1) à l'état (2) (T_2, P_2, V_2) : une compression isotherme.
- de l'état (2) à l'état (3), (T_3, P_3, V_3) : un refroidissement isochore.
- de l'état (3) à l'état (1) : une détente isobare.

On considère ces 3 transformations comme réversibles. On définit :

- $\gamma = 7/5$
- $P_2 = 2,0$ bar, $V_2 = 25$ l et $P_3 = 1$ bar
- (a) Représenter le cycle dans un diagramme de Clapeyron en indiquant le sens de parcours sur ce cycle et en justifiant brièvement l'allure des différentes transformations.
- (b) Donner l'expression et calculer numériquement l'ensemble des variables P , V et T manquantes pour les différents états.
- (c) Calculer analytiquement et numériquement le travail et la quantité de chaleur échangés au cours des différentes transformations.
- (d) Faire de même pour les variations d'enthalpie et d'énergie interne du gaz.
- (e) Calculer et commenter les signes des quantités W_{total} et Q_{total} pour un cycle complet.
- (f) Faire le bilan des variations de l'enthalpie et de l'énergie interne sur un cycle. Justifier le résultat obtenu.
- **Question bonus :** Quelle pourrait être une définition du rendement de cette machine thermique ?

Question3 (8 points)

III - Changement de phase. On considère le diagramme de phase du Naphtalène ($C_{10}H_8$) au voisinage du point triple. On donne les expressions de la vapeur saturante P_{sat} (en Pa) de la phase gazeuse en présence du liquide et du solide en fonction de T (en K) pour chacune des courbes de vaporisation et de sublimation sous la forme :

$$\ln P_{sat, liquide \rightarrow vapeur}(T) = 22,76 - \frac{5566}{T} \quad (1)$$

$$\ln P_{sat, solide \rightarrow vapeur}(T) = 29,48 - \frac{7935}{T} \quad (2)$$

- (a) Rappeler l'allure générale d'un diagramme de phase pour la majorité des corps purs. Indiquer sur ce diagramme à quelles courbes correspondent les équations précédentes. Placer sur ce diagramme le point triple et le point critique.
- (b) Déterminer les coordonnées du point triple pour le naphtalène (P_T, T_T).
- (c) En admettant que l'équation (1) soit valable sur toute la courbe de liquéfaction, déterminer la pression, P_c , au point critique sachant que $T_c = 748K$.
- (d) Rappeler la formule de Clapeyron relative à la chaleur latente d'un changement de phase entre deux états α et β .
- (e) Rappeler la définition du volume massique et son expression pour la phase vapeur en fonction de la pression P , de la température T et de la masse molaire M , si on considère que cette vapeur se comporte comme un gaz parfait.
- (f) Quelle approximation peut-on faire entre le volume massique de la phase vapeur et respectivement celui des phases liquides ou solides ?
- (g) Montrer alors que la chaleur latente molaire de vaporisation peut s'écrire sous la forme :

$$L_{vap} = RT^2 \frac{d \ln P_{sat, liq \rightarrow vap}}{dT} \quad (3)$$

- (h) En déduire l'expression de cette chaleur latente. Que remarque-t-on ?
- **Question bonus :** Faire l'application numérique.

LES CALCULS NUMERIQUES DEMANDES, POSES RIGOREUSEMENT (valeurs et unités), SERONT CONSIDERES COMME FAITS. UNE VALEUR APPROCHÉE DU RESULTAT FINAL ETANT DEMANDÉE DANS LA REDACTION.