

TD de Thermodynamique
Série n° 3 – MIPC/MIP

Exercice 1 : Etude d'un cycle

On considère **une mole de gaz parfait** dont l'équation d'état est $PV=RT$ à laquelle on fait décrire un cycle constitué par les transformations suivantes :

-A \rightarrow B : $P=cte$ -B \rightarrow C : $V=cte$ -C \rightarrow A : compression adiabatique.

On donne $V_C=2V_A$, et $T_B = 2T_A$, on désigne par C_v et C_p les capacités calorifiques molaires qu'on supposera constantes dans le domaine de température étudié.

- 1) Tracer le cycle étudié dans le diagramme de Clapeyron.
- 2) Calculer le travail W_1 et la quantité de chaleur Q_1 échangés par le gaz au cours de la transformation AB
- 3) Calculer la quantité de chaleur Q_2 échangée au cours de la transformation BC
- 4) Calculer le travail W_2 reçu par le gaz au cours de la transformation CA en fonction de T_A , T_C et C_v .
- 5) Exprimer le rapport T_C/T_B en fonction de T_A/T_B et de V_A/V_C . On rappelle que lors d'une transformation réversible adiabatique, on a : $PV^\gamma=cte$ où $\gamma=C_p/C_v$.
- 6) Vérifier le premier principe pour ce cycle.
- 7) Calculer ΔU de chaque transformation. En déduire ΔU_{cycle} et donner une conclusion.

Exercice 2 : Echanges de travail et chaleur

L'état initial d'une mole de gaz parfait est caractérisé par $P_0=2 \cdot 10^5$ Pa, $V_0=14$ l. On fait subir successivement à ce gaz :

- un chauffage isobare qui double son volume
- une compression isotherme, qui le ramène à son volume initial
- un refroidissement isochore qui le ramène à l'état initial (P_0, V_0).

a) A quelle température s'effectue la compression isotherme ? En déduire la pression maximale atteinte.

Représenter le cycle dans le diagramme de Clapeyron.

b) Calculer le travail et la quantité de chaleur échangés par le système au cours du cycle.

On donne $R=8,32 \text{ Jmol}^{-1}\text{K}^{-1}$

Les documents et les téléphones portables ne sont pas autorisés Les calculatrices sont autorisées

Exercice 1:

1.1- Etablir la relation : $\frac{dv}{v} = \alpha dT - \chi_T dP$

Avec α et χ_T respectivement les coefficients de dilatation isobare et de compressibilité isotherme. V , T et P sont respectivement le volume, la température et la pression.

1.2- Sachant que $\alpha = \frac{3aT^3}{v}$ et $\chi_T = \frac{b}{v}$ dans le cas d'un gaz réel ; a et b étant des constantes, déterminer l'équation d'état.

1.3- A partir de cette équation d'état déterminer le coefficient β . Qu'appelle-t-on ce coefficient ?

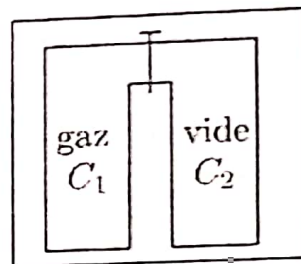
1.4- Déterminer β d'une autre manière.

Exercice 2 : Premier principe

2.1 Questions de cours : Détente de Joule-Gay-Lussac

On considère deux récipients C_1 de volume V_1 et C_2 de volume V_2 aux parois **calorifugées** et **indéformables** pouvant communiquer au moyen d'un robinet. Le premier C_1 contient un gaz de pression P_1 et de température T_1 , le deuxième récipient C_2 est initialement vide. L'ensemble est immergé dans un calorimètre rempli d'eau à la température T_1 .

On ouvre le robinet. Le gaz, **supposé parfait**, se répand alors dans C_2 . La mesure de la température de l'eau du calorimètre indique que celle-ci n'a pas changé.



a- Montrer que $\Delta U = 0$

b- En déduire la première loi de Joule et la deuxième loi de Joule

2.2 Application

On considère **deux moles** de dioxygène, gaz supposé parfait, que l'on peut faire passer réversiblement de l'état initial $A (P_A, V_A, T_A)$ à l'état final $B (P_B=3P_A, V_B, T_B=T_A)$ par **trois chemins distincts** :

i- **chemin 1** : transformation isotherme ;

ii- **chemin 2** : transformation représentée par une droite en diagramme de Clapeyron (P, V) ;

iii- **chemin 3** : transformation composée d'une isochore puis d'une isobare.

a- Représenter les trois chemins en diagramme de Clapeyron en donnant les coordonnées de chaque point. Calculer dans chaque cas les travaux mis en jeu en fonction de T_A .

b- Donner sans faire les calculs la valeur de ΔU_A^B pour les trois transformations. En déduire dans chaque cas les quantités de chaleurs mis en jeu.

A.N. : $P_A = 1 \text{ bar}$, $T_A = 300 \text{ K}$, $R = 8,31 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$.

Bonne chance

Département de Physique

TD de Thermodynamique
Série n° 5 – MIPC/MIP

Problème 1 : rendement d'un cycle.

On considère une mole de gaz carbonique initialement portée à la température $T_1 = 100^\circ\text{C}$ dans un récipient de volume $V_1 = 1$ litre sous pression P_1 (état A). On effectue d'abord une détente adiabatique réversible qui amène le gaz à une température T_2 et un volume $V_2 = 10V_1$ (état b). On effectue ensuite une compression isotherme réversible qui amène le gaz à la pression P_1 (état C). On réchauffe ensuite le gaz jusqu'à la température T_1 à pression constante.

On assimilera le gaz carbonique à un gaz parfait de rapport des chaleurs spécifiques $\gamma = 4/3$.

- 1°) Tracer le cycle dans le diagramme de Clapeyron.
- 2°) Calculer la pression initiale P_1 .
- 3° - Calculer la température T_2 de la source froide.
- 4°) Calculer les quantités de chaleur reçues par le gaz au cours des transformations AB, BC et CA respectivement. Faire le bilan des quantités de chaleur reçues. Etablir ensuite le bilan entropique : discussion.
- 5°) Calculer le travail mécanique total fourni par les agents extérieurs au cours du cycle ABCA. Calculer le rendement de ce cycle.
- 6°) Comparer ce rendement à celui du cycle de Carnot fonctionnant entre T_1 et T_2 .

Problème 2 : CC2 2016-2017

Pour faire fonctionner une moissonneuse-batteuse, on utilise un moteur qui fonctionne par compression et détente d'un gaz parfait dans un cylindre selon le cycle Diesel constitué de quatre phases réversibles. Le volume varie entre V_1 et V_2 . Le volume maximal a pour valeur $V_1 = 60$ l et le volume minimal a pour valeur $V_2 = 10$ l. Le rapport $\gamma = \frac{c_p}{c_v} = 1,4$ est supposé indépendant de la température T .

♦ **Première phase (1 → 2)**

Le gaz admis à la température $T_1 = 300$ K sous la pression $P_1 = 1$ bar dans le cylindre au volume V_1 est comprimé de façon isotherme jusqu'au volume V_2 .

♦ **Deuxième phase (2 → 3)**

Le gaz est ensuite chauffé jusqu'à la température T_3 , de façon réversible à pression constante.

Le volume en fin d'échauffement est égal à $V_3=30 \text{ l}$.

♦ **Troisième phase ($3 \rightarrow 4$)**

Le gaz subit ensuite une détente adiabatique et réversible qui le ramène au volume initial V_1 .

♦ **Quatrième phase ($4 \rightarrow 1$)**

Enfin, le gaz est ramené à l'état initial P_1, V_1 par une transformation isochore au contact d'une seule source extérieure de température T_1 .

1. Représenter l'allure du cycle en diagramme de Clapeyron *et en diagramme isentropique* (S en abscisse et T en ordonné).
2. Déterminer la pression P_2 .
3. Déterminer les températures T_3 et T_4 .
4. Calculer le travail de compression $W_{1 \rightarrow 2}$ ainsi que la chaleur $Q_{1 \rightarrow 2}$ reçue par le gaz au cours de la transformation $1 \rightarrow 2$.
5. Calculer la chaleur $Q_{2 \rightarrow 3}$ et le travail $W_{2 \rightarrow 3}$ reçus par le gaz.
6. Calculer la chaleur $Q_{3 \rightarrow 4}$ et le travail $W_{3 \rightarrow 4}$ reçus par le gaz.
7. Calculer numériquement le rendement thermodynamique du cycle moteur.
8. Comparer ce rendement à celui du cycle de Carnot fonctionnant entre deux sources de température T_1 et T_3 . Ce résultat était-il prévisible ?