

I.S. de P1-1 du mercredi 12 avril 2023

Durée : 1h30

Notes à lire avant de commencer :

INSCRIRE SON NOM, PRENOM, GROUPE EN HAUT DE CHAQUE FEUILLE

Les calculatrices non-graphiques non-programmables sont autorisées.

Pour les élèves internationaux, les dictionnaires en papier non-annotés sont autorisés.

Les téléphones portables et montres connectées doivent être éteints et rangés dans les sacs.

- Tout résultat doit être justifié.
- Les calculs doivent prendre en compte les notations de l'énoncé.

Données :

- constante universelle des gaz parfaits $R = 8,314 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$

Exercice 1 : Gaz parfait ?

On considère l'énergie interne d'un gaz au repos macroscopique comme une fonction de deux variables indépendantes $U(T, V)$.

1a) Ecrire la différentielle de U en fonction de ses dérivées partielles.

1b) Enoncer la première loi de Joule. En déduire une conséquence sur les dérivées partielles de U si un gaz suit la première loi de Joule.

L'énergie interne d'un gaz parfait diatomique s'écrit : $U_{GP} = \frac{5nRT}{2} + U_0$ avec U_0 une constante.

2) Ecrire la différentielle de U_{GP} . Montrer alors qu'un gaz parfait diatomique suit la première loi de Joule.

NOM : Prénom : Groupe :

On s'intéresse maintenant à l'énergie interne d'un autre gaz qui s'écrit $U = nC_{v,m}T - \frac{n^2 a}{V} + U_0$ avec $C_{v,m} = 20,8 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$ et $a = 0,140 \text{ J.m}^3.\text{mol}^{-2}$. U_0 est une constante.

3a) Donner les expressions des dérivées partielles de U et sa différentielle.

3b) Montrer que cette expression de l'énergie interne ne peut pas être celle d'un gaz parfait.

Avec le gaz parfait de la question 2) puis avec le gaz de la question 3), on effectue une détente dans le vide qui **conserve l'énergie interne du gaz** - détente de Joule-Gay Lussac. Le volume occupé par le gaz est initialement de 1,00 L et il est multiplié par deux pendant la transformation.

4) Pour chacun des gaz décrits précédemment, donner l'expression de la variation de température correspondante. Réaliser les applications numériques (on prendra $n = 1 \text{ mol}$). Commenter.

NOM : Prénom : Groupe :

Exercice 2 : compression et détente d'un gaz parfait

On considère n moles de diazote, se comportant comme un gaz parfait diatomique (rapport isentropique $\gamma = 1,4$), dans l'état 1 tel que $T_1 = 300$ K, $P_1 = 1,00$ bar et $V_1 = 12,0$ L.

Ce système subit deux transformations lentes successives :

- 1 \rightarrow 2 : compression isotherme jusqu'à la pression $P_2 = 10,0$ bar.

Lors de cette transformation, le système est en contact avec un thermostat à la température $T_1 = 300$ K.

- 2 \rightarrow 3 : retour à la pression initiale P_1 grâce à une détente adiabatique réversible.

On pose $a = \frac{P_2}{P_1}$ le taux de compression.

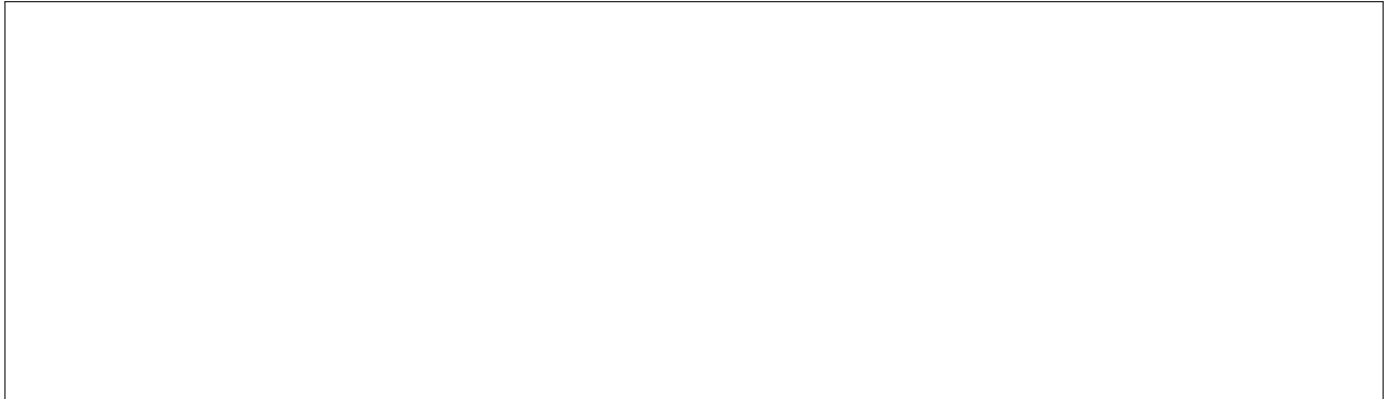
1) Déterminer la quantité de matière n du gaz en fonction de R , T_1 , V_1 et P_1 . Réaliser l'application numérique.

2) Déterminer le volume V_2 du gaz dans l'état 2 en fonction de V_1 et du taux de compression a . Réaliser l'application numérique.

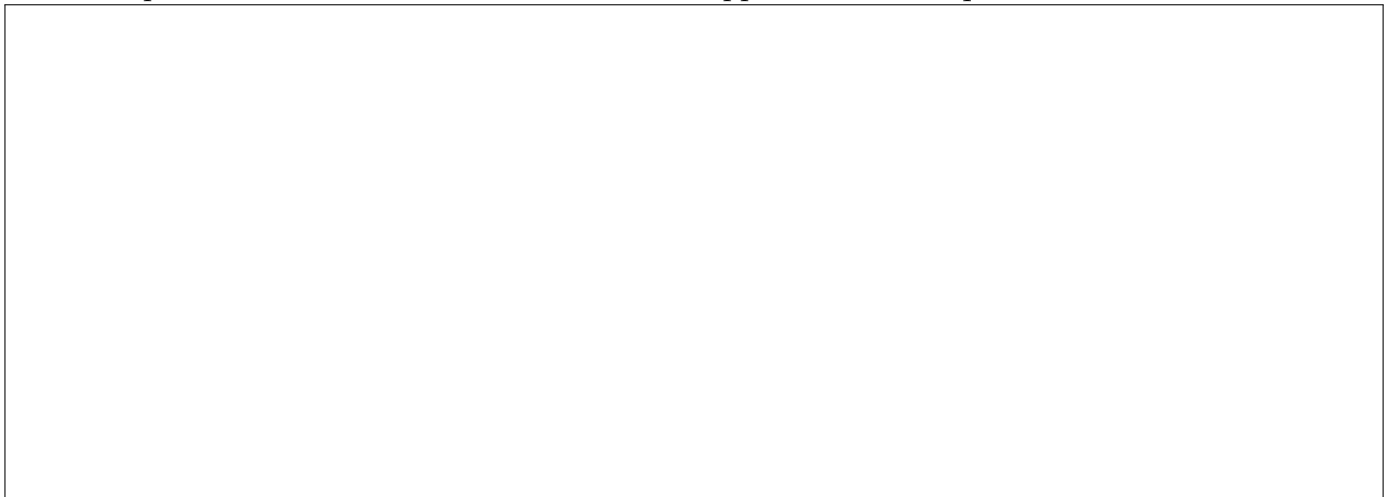
3) Déterminer l'expression du volume V_3 du gaz en fonction a , γ et V_2 , puis en fonction de a , γ et V_1 . Réaliser l'application numérique.

NOM : Prénom : Groupe :

4) Représenter la suite des deux transformations sur un diagramme de Clapeyron $P(V)$. On représentera clairement les états 1, 2 et 3 du gaz par un point et les transformations par des courbes orientées. Comparer les températures T_3 et T_1 . Justifier.




5a) Déterminer l'expression du travail $W_{1 \rightarrow 2}$ reçu par le gaz au cours de la transformation $1 \rightarrow 2$ en fonction de tout ou partie des données P_1, V_1, T_1 , et a . Réaliser l'application numérique.



5b) Vérifier le signe du résultat trouvé et commenter en lien avec le graphique de la question 4.



5c) Déterminer l'expression du transfert thermique $Q_{1 \rightarrow 2}$ reçu par le gaz au cours de la transformation $1 \rightarrow 2$ en fonction de tout ou partie des données P_1, V_1, T_1 , et a . Réaliser l'application numérique.



NOM : Prénom : Groupe :

6) Donner, sans démonstration, la première identité thermodynamique. Démontrer alors l'expression de l'entropie du gaz parfait en variable $(T; V)$

$$S = C_V \ln T + nR \ln V + S_0$$

où S_0 est une constante.

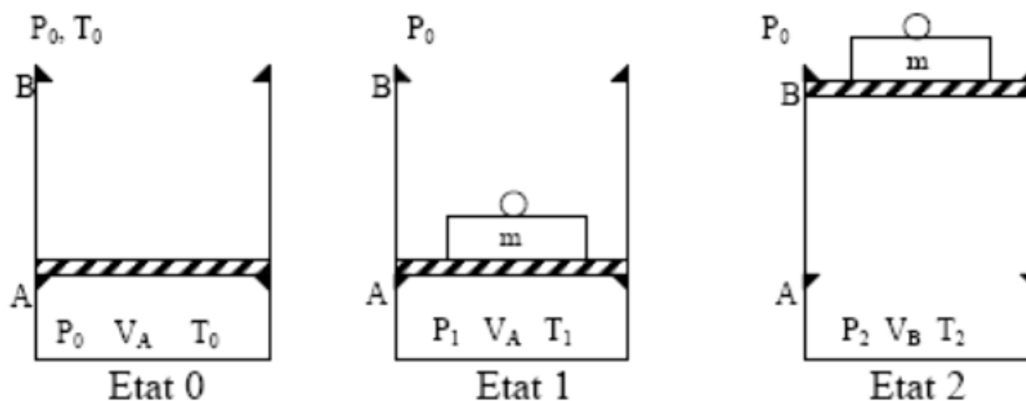
7) Pour la transformation $1 \rightarrow 2$, déterminer, en fonction de tout ou partie des données P_1, V_1, T_1 , et a les expressions de

7a) la variation d'entropie du gaz pendant la transformation; réaliser l'application numérique.

7b) l'entropie échangée par le gaz; réaliser l'application numérique.

7c) l'entropie créée par le gaz. Réaliser l'application numérique. Commenter ce résultat.

Exercice 3 : Chauffage d'un gaz



On imagine un cylindre vertical aux parois diathermanes (perméables à la chaleur), fermé par un piston. Le piston, de masse négligeable, peut glisser sans frottement entre deux cales A et B, sa section est S . Dans l'état initial, le piston est en A, le cylindre renferme un volume V_A d'air supposé gaz parfait, de rapport isentropique γ , à la température de l'extérieur T_0 et à la pression extérieure P_0 (gaz dans l'état 0 : P_0, V_A, T_0). Soit g l'accélération de la pesanteur.

On place une masse m sur le piston et on chauffe très doucement le gaz par un moyen approprié, non représenté sur le schéma, jusqu'à ce que le piston décolle *juste* de la cale A (gaz dans l'état 1 : P_1, V_A, T_1). Puis, on maintient le chauffage très doux jusqu'à ce que le piston arrive *juste* en B (gaz dans l'état 2 : P_2, V_B, T_2). Le chauffage est alors arrêté.

1) Caractériser la transformation $0 \rightarrow 1$ subie par le gaz par un nom et deux adjectifs.

2) Exprimer la pression P_1 et la température T_1 en fonction de P_0, T_0, m, g, S .

3) Caractériser la transformation $1 \rightarrow 2$ subie par le gaz par un nom et deux adjectifs.

NOM : Prénom : Groupe :

4) Exprimer la température T_2 en fonction de T_1, V_A, V_B .

5) On s'intéresse à la transformation $1 \rightarrow 2$.

5a) Déterminer l'expression du travail $W_{1 \rightarrow 2}$ reçu par le gaz au cours de cette transformation en fonction des données du problème.

5b) Déterminer l'expression du transfert thermique $Q_{1 \rightarrow 2}$ reçu par le gaz au cours de cette transformation en fonction de P_1, V_A, V_B et γ . Vérifier la dimension du résultat obtenu.