
PARTIEL DE THERMODYNAMIQUE

Durée : 2 heures

Les documents et les téléphones portables ne sont pas autorisés. Les calculatrices sont autorisées. Barème approximatif : 1$^{\text{er}}$ exercice = 13 pts ; 2$^{\text{ème}}$ exercice = 7 pts.

A Détente de Joule-Gay-Lussac partielle, puis totale

0/ Questions de cours :

(a) Écrire l'identité thermodynamique sous la forme d'une relation entre les différentielles de l'enthalpie, de l'entropie et de la pression.

(b) En déduire que, pour n moles d'un gaz parfait dont γ ne dépend pas de la température, la variation d'entropie entre un état initial $(T_\mathrm{i}, P_\mathrm{i})$ et un état final $(T_\mathrm{f}, P_\mathrm{f})$ s'exprime comme :

$$\Delta S = \frac{nR}{\gamma - 1} \ln \left[\left(\frac{T_\mathrm{f}}{T_\mathrm{i}} \right)^{\gamma} \left(\frac{P_\mathrm{i}}{P_\mathrm{f}} \right)^{(\gamma-1)} \right] .$$

En déduire l'une des relations de Laplace caractérisant une transformation isentropique de ce gaz.

(c) Rappeler l'expression de l'énergie interne de n moles d'un gaz parfait diatomique en fonction de la température.

Un récipient parfaitement calorifugé est séparé en deux compartiments de même volume $V = 1\ \ell$. Les deux compartiments peuvent communiquer par un orifice muni d'un robinet. Initialement le robinet est fermé ; le compartiment (a) contient un gaz parfait diatomique ($\gamma = 1.4$) sous la pression $P = 1$ bar et à la température $T = 298$ K ; le compartiment (b) est vide.

1/ La paroi entre les deux récipients est supposée parfaitement calorifugée. On ouvre le robinet, puis on le referme dès que l'équilibre mécanique est atteint (ces opérations sont effectuées sans fournir de travail au gaz). On note T_a et T_b les températures dans chaque compartiment et n_a et n_b le nombre de moles contenues dans chaque compartiment.

(a) Montrer, en utilisant le premier principe de la thermodynamique [1], que la pression P' commune aux deux compartiments vaut $P/2$.

(b) On admet que le gaz restant dans le compartiment (a) a subi une détente adiabatique réversible. Déterminer alors les valeurs de T_a, T_b, n_a et n_b [2].

(c) Calculer la variation d'entropie du gaz contenu dans chaque enceinte, ainsi que la variation totale d'entropie ΔS_I du gaz (on donnera la formule et l'expression numérique).

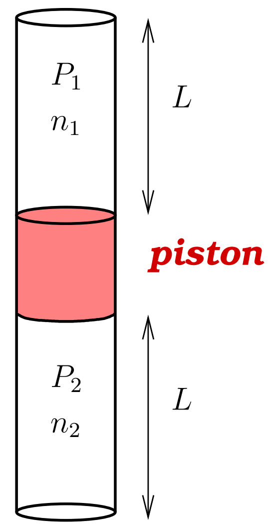
---

1. et le résultat de la question 0/(c).
2. On donnera à chaque fois les expressions littérales de T_a/T, n_a/n etc., ainsi que les valeurs numériques de T_a, n_a, ... Il est approprié d'utiliser le résultat de la question 0/(b) pour caractériser la transformation subie par le gaz contenu au final dans l'un des deux compartiments, (a) ou (b), à vous de voir.

2/ Dans un second temps on ouvre à nouveau (et définitivement) le robinet reliant les deux compartiments et on laisse l'équilibre s'établir. Donner les nouvelles valeurs de la pression, de la température et du nombre de moles dans chaque enceinte. Calculer la variation d'entropie ΔS_{II} que subit le gaz lors de cette dernière transformation.
Indication : on peut obtenir le résultat assez rapidement en remarquant que la somme $\Delta S_{\text{I}} + \Delta S_{\text{II}}$ est facile à calculer.

B Retournement d'un tube

Un tube cylindrique vertical de section $s = 5$ cm^2 est séparé en deux parties initialement de même longueur $L = 0.5$ m par un piston de masse $m = 100$ g qui coulisse sans frottement dans le tube.
Les deux compartiments contiennent respectivement n_1 et n_2 moles de gaz parfait à la température $T = 298$ K. L'ensemble est conducteur de la chaleur et en équilibre thermique avec l'extérieur.



1/ La pression P_1 du gaz contenu dans la partie supérieure a pour valeur 0.1 bar. Déterminer la pression P_2 dans la partie inférieure et les quantités n_1 et n_2 (on donnera les expressions littérales et les valeurs numériques).

2/ On retourne le tube de façon à placer le compartiment (1) en bas. Déterminer le sens et la valeur numérique (notée x par la suite) du déplacement du piston.

3/ Le retournement est effectué de manière quasi-statique. À votre avis, la transformation est-elle réversible ? Pour le vérifier on va étudier la transformation subie par les n_1 molécules situées dans le compartiment qui est initialement en haut.

(a) Calculer le travail, puis la quantité de chaleur reçus par ces molécules durant la transformation [3].

(b) Calculer la variation d'entropie de ces n_1 molécules lors de la transformation[3].

(c) Utiliser la relation de Carnot-Clausius pour conclure sur la réversibilité ou l'irréversibilité de la transformation.

3. On donnera les expressions littérales en fonction de n_1, T, L et x. Les valeurs numériques ne sont pas demandées.