
EXAMEN DE THERMODYNAMIQUE (2^{ème} session)

Durée : 1 heure 30

Les documents et les téléphones portables ne sont pas autorisés. Les calculatrices sont autorisées. Barème approximatif : 1^{er} exercice : 9 points ; 2^{ème} exercice : 6 points ; 3^{ème} exercice : 5 points. Les trois exercices sont indépendants.

1 Travail reçu par un solide pour différentes transformations.

Un solide de volume V_0 , de coefficient de compressibilité isotherme χ_T et de coefficient de dilatation isobare α subit un échauffement isobare et réversible de l'état 0 (pression P_0 , température T_0) vers l'état 1 ($P_1 = P_0$ et $T_1 = \lambda T_0$), puis une compression isotherme et réversible, de l'état 1 vers l'état 2 ($P_2 = \lambda P_1$, $T_2 = T_1$). λ est un réel > 1 . On considèrera que les variations de volume sont petites devant V_0 (mais non négligeables).

1/ Exprimer α et χ_T en fonctions des dérivées partielles des grandeurs appropriées (c'est à dire de P , T ou V). Quels sont les signes de α et χ_T (justifier physiquement votre réponse) ?

Dans le reste de l'exercice on considèrera que α et χ_T sont **constants**.

2/ Représenter les états 0, 1 et 2 sur un diagramme (P, T) .

3/ Établir l'expression du travail reçu pour passer de l'état 0 à l'état 2 en fonction de P_0 , V_0 , λ , α , χ_T et T_0 ,

(a) en suivant le trajet $0 \rightarrow 1 \rightarrow 2$ décrit dans l'introduction de l'exercice.

(b) en suivant de manière quasi-statique la droite d'équation $P/P_0 = T/T_0$ reliant 0 et 2 sur le diagramme (P, T) .

2 Eau refroidie par l'air.

À la pression atmosphérique ($P = 10^5$ Pa), une mole d'air passe de la température $T_0 = 190$ K à $T_1 = 273$ K au contact d'eau liquide, elle même en équilibre avec sa phase solide à la pression atmosphérique. L'ensemble est isolé thermiquement.

On notera R la constante des gaz parfaits, L la chaleur latente de fusion de l'eau ($L = 3300$ J.kg⁻¹) et on supposera que l'air est un gaz parfait diatomique dont la capacité thermique à pression constante est indépendante de la température.

1/ Quelle est la masse d'eau transformée en glace ?

2/ Quelle est la variation d'entropie du système ?

On donnera à chaque fois le résultat analytique et sa valeur numérique.

3 Machine frigorifique tritherme.

Dans un réfrigérateur tritherme, un système fermé (Σ) décrit un cycle **sans travail** en recevant, au cours d'un cycle, des transferts thermiques Q_1 , Q_2 et Q_3 en provenance de trois sources. La

source chaude a une température T_3 , la source intermédiaire a une température T_2 et la source froide une température T_1 avec $T_1 < T_2 < T_3$. Le système est conçu pour prélever de la chaleur à la source froide de sorte que $Q_1 > 0$. La source intermédiaire est l'atmosphère, de sorte que le transfert thermique Q_2 , bien que non nul et important dans le bilan énergétique, est sans intérêt pour l'utilisateur et l'on définit donc l'efficacité par $\eta = Q_1/|Q_3|$.

1/ Montrer que $Q_3 > 0$.

2/ Montrer que l'efficacité η est inférieure à une efficacité maximale η_C atteinte pour un fonctionnement réversible. Exprimer η_C en fonction des températures des trois sources.

3/ *Question hors barême* : En vous référant à ce que vous savez sur les machines dithermes, pouvez vous donner une interprétation physique à η_C ?