Ex 1. Une grandeur physique x est fonction de t, température Celsius. On remplace la loi x(t) par une relation linéaire affine passant par les points t = 0 °C (fusion de la glace sous la pression atmosphérique normale ; $x = x_0$) et t = 100 °C (ébullition de l'eau sous la pression atmosphérique normale ; $x = x_{100}$) (échelle à deux points fixes).

1. Montrer que l'on peut définir une échelle de température θ différente de l'échelle Celsius.

2. Le coefficient de température a d'une grandeur physique x(t) est tel que $\mathbf{x = x_0 (1 + a\, t)}$.

Pour un coefficient de température de la forme $\mathbf{a = a_0 + k\, t}$, déterminer l'écart θ - t en fonction de **t**. Pour quelle température cet écart est-il maximum ? Calculer cet écart maximum pour un liquide enfermé dans une enveloppe de verre si pour ce liquide $a = 18\times10^{-5} + 1{,}3\times10^{-8}\, t$.

Ex 2. Un thermocouple est composé du couple (plomb-cobalt). Lorsque l'une de ses soudures est maintenue à 0°C, la f.é.m. du thermocouple vaut 1,114mV à 50°C et 7,436 mV à 250°C.

1. Cette f.é.m. peut, dans le domaine [0, 250°C] de l'échelle Celsius, être écrite sous la forme $\mathbf{E = a\, \theta_C + b\, \theta_C^2}$ où θ_C représente la température en °C. Déterminer a et b et calculer la f.é.m. E pour $\theta_C = 150°C$.

2. Si le couple n'avait été étalonné qu'à 250°C, et en admettant une loi de variation linéaire de E dans une nouvelle échelle de température θ_X, donner alors l'expression de $E = f(\theta_X)$, les points fixes étant 0 et 250. Tracer les deux courbes $E = f(\theta_C)$ et $E = f(\theta_X)$.

3. Quelle est la relation liant ces deux échelles et donner leur écart $\Delta\theta = \theta_C - \theta_X$ en fonction de θ_C.

4. A quelle température θ_C, l'écart serait-il maximal ? Quelle serait alors l'erreur maximale commise sur la mesure de cette température ?

Ex 3. Une mole d'un fluide homogène subit une transformation infinitésimale réversible pendant laquelle, il échange la chaleur δQ que l'on peut écrire sous les forces suivantes :

$$\delta Q = C_v\, dT + l\, dV \; ; \qquad \delta Q = C_p\, dT + h\, dP \; ; \qquad \delta Q = \lambda\, dP + \mu\, dV$$

1. Exprimer les coefficients calorimétriques l, h, λ et μ en fonction des capacités calorifiques molaires C_v et C_p et des dérivées partielles de variables d'état P, V et T.

2. Exprimer ces coefficients pour un gaz parfait en fonction des variables P, V et du rapport $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$

3. On rappelle pour un gaz réel, les relations de Clapeyron :

$$l = T\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V \text{ et } \qquad h = -T\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P.$$

Etablir les expressions de l, h et $(C_p - C_v)$ en fonctions des variables thermodynamiques indépendantes (V, T) et des coefficients thermo élastiques α et χ_T du gaz.

Scanné avec CamScanner

Ex 4. 1. Montrer que les coefficients de dilatation isobare α et de compressibilité isotherme χ_T vérifient toujours la relation : $\left(\frac{\partial \alpha}{\partial P}\right)_T = -\left(\frac{\partial C_T}{\partial T}\right)_P$.

2. Donner l'équation d'état d'un gaz dont les coefficients sont : $a = \frac{A}{V P}$ et $C_T = \frac{1}{P} + \frac{a}{V}$.

Ex 5. L'état initial d'une mole de gaz parfait est caractérisé par $P_0 = 2.10^5$ Pa, $V_0 = 14$ L. On fait subir successivement à ce gaz les transformations réversibles suivantes :

- une détente 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.

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

2. Représenter le cycle de transformations dans le diagramme (P, V).

3. Calculer les travaux et transferts thermiques échangés par le système au cours du cycle, soient W_1, W_2, W_3, Q_1, Q_2 et Q_3 en fonction de P_0, V_0 et $\gamma = C_p / C_v = 1{,}4$ (supposé constant dans le domaine de températures étudié).

4. Vérifier $\Delta U = 0$ pour le cycle.

Ex 6. On considère maintenant un cycle 1→2→3→4 (cycle d'Ericsson) composé des transformations réversibles suivantes :

1→2 : compression isotherme
2→3 : détente isobare
3→4 : détente isotherme est que $T_3 > T_1$
4→1 : compression isobare est que $P_1 < P_2$

Ce cycle a été appliqué à des moteurs, destinés à la propulsion navale, dans lesquels de l'air considéré comme un gaz parfait parcourt le cycle dans le sens moteur.

1. Représenter dans le diagramme (P, V) ce cycle de transformations.

2. Exprimer, en fonction de n, R, γ, T_1, T_3, P_1 et P_2, le travail et la chaleur reçus par le fluide au cours des quatre étapes suivantes :

a_ $W_{1\text{-}2}$ et $Q_{1\text{-}2}$ pour la transformation 1 → 2 ;
b_ $W_{2\text{-}3}$ et $Q_{2\text{-}3}$ pour la transformation 2 → 3 ;
c_ $W_{3\text{-}4}$ et $Q_{3\text{-}4}$ pour la transformation 3 → 4 ;
d_ $W_{4\text{-}1}$ et $Q_{4\text{-}1}$ pour la transformation 4 → 1.

3. En déduire, en fonction de n, R,γ, T_1, T_3, P_1 et P_2, l'expression :
   a. de la quantité de chaleur Qr reçue par le système au cours du cycle ;
   b. de la quantité de chaleur Qc cédée par le système au cours du cycle ;
   c. du travail total W échangé avec le milieu extérieur. Préciser son signe.
   d. du rendement r de ce cycle moteur.

4. Donner la variation de l'énergie interne ΔU du cycle

5. Calculer, en fonction de n, R,γ, T_1, T_3, P_1 et P_2, la variation d'entropie ΔS qui accompagne chaque transformation de ce cycle.

6. En déduire la variation d'entropie ΔS_{cycle} relative à ce cycle.

Scanné avec CamScanner