INSTITUT PREPARATOIRE AUX ETUDES D'INGENIEURS DE SFAX

Département des Etudes Préparatoires aux Concours de Technologie

Année Universitaire 2022-2023

Épreuve de Physique
(2ème Année de Préparation Biologie - Géologie)
Mercredi 19 Octobre 2022 de 8h30 à 10h30

DEVOIR DE CONTROLE - 1ère Semestre

A- Coefficients calorimétriques

Au cours d'une transformation infinitésimale réversible, au cours de laquelle sa pression P, son volume V et sa température T varient respectivement de dP, dV et dT, un gaz reçoit une quantité de chaleur infinitésimale δQ que l'on peut écrire sous trois formes équivalentes :

$$\delta Q = C_v dT + \ell dV = C_p dT + h dP = \lambda dP + \mu dV$$

1- Donner les définitions de $C_v, C_p, \ell, h, \lambda$ et μ en précisant leurs caractères extensif ou intensif.

2- Les coefficients thermoélastiques du gaz sont définies respectivement par : $\alpha = \frac{1}{V}\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P$: coefficient de dilatation isobare ; $\beta = \frac{1}{P}\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V$: coefficient d'augmentation de pression isochore et $\chi_T = -\frac{1}{V}\left(\frac{\partial V}{\partial p}\right)_T$: coefficient de compressibilité isotherme.

2.a- En introduisant la variation de dP dans la troisième expression de δQ, déterminer les relations suivantes :

$$\frac{\lambda}{C_v} = \frac{1}{P\beta} = \alpha\chi_T \qquad ; \qquad \ell = \mu - \frac{\lambda}{V\chi_T}$$

2.b- En introduisant la variation de dV dans la troisième expression de δQ, déterminer les relations suivantes :

$$\frac{\mu}{C_p} = \frac{1}{V\alpha} \qquad ; \qquad h = \lambda - \mu V\chi_T$$

2.c- Déduire que : $C_p - C_v = \alpha V\ell$ et $\frac{\ell}{h} = -\frac{1}{V\chi_T}$.

3- On suppose le gaz parfait, on a alors $\ell = P$.

3.a- Déterminer les coefficients thermoélastiques du gaz : α et χ_T.

3.b- En déduire dans ce cas les expressions de : $C_p - C_v$ et h .

3.c- Dans l'hypothèse où le rapport $\gamma = C_p/C_v$ est constant, déterminer l'équation des **isentropiques** (adiabatiques réversibles) pour ce gaz : $PV^\gamma = cte$.

B- Barre métallique

On considère une barre métallique de longueur ℓ, de section droite Σ, de masse volumique ρ, de capacité calorifique par unité de masse à force constante (chaleur massique) C, sur laquelle s'exerce une force de traction F dans la direction de la longueur. L'état d'équilibre de la barre est décrit par une équation d'état $\ell = \ell(T, F)$.

1- Soit une transformation infinitésimale réversible où la force de traction, la température, la longueur varient respectivement de dF, dT et $d\ell$.

1.a- Quel est le travail élémentaire δW reçu par la barre ?

1.b- La chaleur reçue par la barre s'écrit : $\delta Q(T, F) = AdT + kdF = mCdT + kdF$. Que représentent A et k ? Exprimer A en fonction de C, ρ, Σ et ℓ.

1.c- Exprimer, sous forme différentielle, le premier principe de la thermodynamique (dU) pour une transformation dans laquelle la température varie de dT et la longueur de $d\ell$.

1.d- Exprimer, sous forme différentielle, la variation de l'enthalpie (dH) pour une transformation dans laquelle la température varie de dT et la force de traction de dF.

1.e- Exprimer le second principe de la thermodynamique (dS) pour cette transformation.

1.f- Exprimer, sous forme différentielle, la variation de l'enthalpie libre (dG).

1.g- En écrivant que dG et dH sont des différentielles totales exactes, monter que :

$$k = T\left(\frac{\partial \ell}{\partial T}\right)_F \text{ et } \left(\frac{\partial A}{\partial F}\right)_T = T\left(\frac{\partial^2 \ell}{\partial T^2}\right)_F$$

2- On effectue une traction **adiabatique réversible**.

2.a- Quelle est la variation dT_1 de température consécutive à une variation infinitésimale dF_1 de la force ? Quel est son signe ?

2.b- On appelle coefficient de dilatation linéaire λ de la barre la grandeur : $\lambda = \frac{1}{\ell}\left(\frac{\partial \ell}{\partial T}\right)_F$, monter que :

$$\frac{dF_1}{dT_1} = -\frac{C\rho\Sigma}{\lambda T}$$

2.c- **Application** : calculer la variation de température résultant d'une traction adiabatique pour laquelle la traction par unité de surface passe de 0 à 10 $kgmm^{-2}$, sur une barre de cuivre à 27°C. On donne $\lambda = 1{,}6\,10^{-5}K^{-1}$; $C = 400\,Jkg^{-1}$; $\rho = 9\,10^3 kgm^{-3}$.

3- On chauffe réversiblement la barre en maintenant la **longueur constante**. Soit le module d'élasticité isotherme E_T de la barre défini par : $\frac{1}{E_T} = \Sigma\frac{1}{\ell}\left(\frac{\partial \ell}{\partial F}\right)_T$.

3.a- Quelle force dF_2 faut-il exercer si on augmente la température de dT_2?

3.b- Exprimer $\frac{dF_2}{dT_2}$ à l'aide de λ, E_T et Σ.

3.c- Application : pour la barre précédente, $E_T = 12\ 10^{10} Nm^{-2}$. Quelle force par unité de surface faut-il exercer pour élever la température de $1\ K$ en maintenant la longueur constante ?

4- On définit le module d'élasticité E_S à **entropie *S* constante** par : $\frac{1}{E_S} = \Sigma \frac{1}{\ell}\left(\frac{\partial \ell}{\partial F}\right)_S$.

En écrivant sous forme différentielle la variation de la longueur du fil ($d\ell$), pour une transformation dans laquelle la température varie de dT et la force de traction dF, montrer que :

$$\frac{1}{E_S} - \frac{1}{E_T} = -\frac{T\lambda^2}{\rho c}$$