Université Cheikh Anta Diop Faculté des Sciences et Techniques	**Année universitaire 2024 - 2025** Thermodynamique et Application **Licence Physique Chimie et Sciences de la Matière (L2PCSM)** TD1 : **Thermométrie – Equation d'état**

Exercice 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 $x = x_0 (1 + a\, t)$.

Pour un coefficient de température de la forme $a = a_0 + k\, t$, 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 $a = 18\times10^{-5} + 1{,}3\times10^{-8}\, t$.

Exercice N°2 *Thermomètre à mercure*

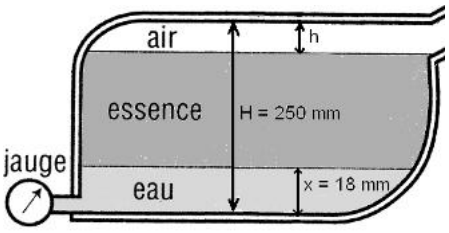
Un thermomètre à mercure est destiné à être utiliser entre 0°C et 150°C. On néglige la dilation de l'enveloppe de verre. La dilatation moyenne du mercure entre 0 et θ(température en ° Celsius) est telle que : $\alpha = \frac{V-V_0}{V_0\theta} = a - b\theta + c\theta^2$ avec a ; b et c des constantes.

1°) Définir l'échelle affine centésimale associé en exprimant t en fonction de a ; b ; c et θ

2°) Exprimer l'écart $\Delta\theta = t - \theta$ entre la température Celsius θ et la température t repérée par le thermomètre.

3°) Sachant que $\theta = t$ à 150°C ; déterminer les températures t_1 et t_2 pour les quelles Δθ passe par un extrémum.

Exercice 3. L'indication de remplissage d'un réservoir à essence est proportionnelle à la pression mesurée par une jauge placée au fond du réservoir. Si le réservoir est rempli uniquement d'essence, la jauge indique le plein, ce qui correspond à un pression maximale (P_{max}) pour h = 0.



Si, par mégarde, il y a 18 mm d'eau au fond du réservoir, pour quelle valeur de h la jauge indique t–elle le plein ?

On donne : $\rho_{eau} = 1000$ kg. m^{-3} ; $\rho_{essence} = 680$ kg. m^{-3}

Exercice 4.

1. L'état d'équilibre d'un gaz , caractérisé par les variables d'état P, V et T, est décrit par une équation d'état de la forme f(P, V, T) = 0.

1.1. Ecrire la différentielle totale exacte df en fonction des variables d'état et des dérivées partielles suivantes : $f_T = \left(\frac{\partial f}{\partial T}\right)_{V,P}$, $f_V = \left(\frac{\partial f}{\partial V}\right)_{T,P}$ et $f_P = \left(\frac{\partial f}{\partial P}\right)_{V,T}$.

1.2. Exprimer les dérivées partielles $\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P$, $\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V$ et $\left(\frac{\partial V}{\partial P}\right)_T$ en fonction de f_T, f_V et f_P.

1.3. En déduire les expressions des coefficients thermo élastiques α, β et χ_T en fonction des variables d'état et de f_T, f_V et f_P..

2. On considère l'équation d'état du gaz réel de Van der Waals relative à une mole :

$$\left(P + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = RT$$

2.1. Ecrire cette équation d'état sous la forme f(P, V, T) = 0 et donner les expressions de f_T, f_V et f_P pour le gaz de Van der Waals.

2.2. En déduire les coefficients α, β et χ_T et vérifier que $\alpha = \beta\, \chi_T\, P$

2.3. Quelles sont les expressions de α, β et χ_T pour a = 0 et b = 0. Ce résultat était-il prévisible ?

Exercice 5. L'étude d'un gaz à des pressions élevées donne :

$$dP = \left(-\frac{RT}{(V-b)^2} + \frac{2\,a}{TV^3}\right) dV + \left(\frac{R}{V-b} + \frac{a}{T^2V^2}\right) dT.$$

Quelles sont les dimensions de a et b ? Montrer que dP est une forme différentielle totale exacte. Donner l'équation d'état du gaz si la pression devient nulle pour des volumes infinis.

Exercice 6. Une mole d'un gaz réel suit l'équation de Van der Waals : $\left(P + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = RT$

avec $\frac{a}{PV^2} << 1$ et $\frac{b}{V} << 1$. Quelles sont coordonnées critiques P_C, V_C et T_C de ce gaz et la relation liant ces coordonnées.

2. Dans le domaine des faibles pressions, les isothermes du gaz peuvent être représentées en coordonnées d'Amagat par une équation de la forme : $PV = A(T) + B(T)\, P + C(T)\, P^2$.

2.1. Donner les expressions de A(T), B(T) et C(T) en fonction de a, b, R et T. (On fera, si nécessaire, l'approximation $PV \approx R\,T$ dans les développements).

2.2. En se limitant au développement au 1er ordre en P, donner la température de Mariotte T_m de ce gaz. Calculer numériquement T_m et T_C.

On donne : a =1,3 × 10^{-1} J.m^3.mol^{-1} ; b = 3,91 x 10^{-5} m^3.mol^{-1} , R= 8,314 J.mol^{-1}.K^{-1}.