

Problème 2: Mesures thermodynamiques (Extrait du concours commun des « petite »

2008)

On rappelle que la variation d'enthalpie massique Δh d'un corps pur lors d'un changement d'état physique est aussi appelée « chaleur latente de changement d'état » et notée L .

Afin d'éviter les confusions, on notera le temps t , la température absolue T et la température en degrés Celsius θ ; pour les applications numériques : $T = \theta + 273,15$.

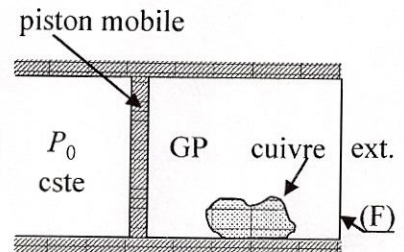
C.1. Expressions du premier principe

- C.1.1) Rappeler l'expression du premier principe de la thermodynamique, entre deux états d'équilibre quelconques d'un système fermé globalement immobile dans le référentiel d'étude.
Expliquer très simplement la différence entre « travail » et « transfert thermique ».
- C.1.2) On s'intéresse à des systèmes de variables d'état (P, V, T), pour lesquels le seul travail est celui des forces pressantes ; à partir de l'expression précédente, démontrer la relation entre la variation d'enthalpie du système et le transfert thermique dans le cas particulier de transformations isobares.

C.2. Calorimétrie adiabatique

Le système étudié, constitué de n moles d'air assimilé à un gaz parfait et d'une masse m de cuivre solide, est contenu dans un cylindre schématisé ci-dessous ; on précise que :

- le piston est mobile sans frottement, les autres parois sont fixes ;
- les éléments hachurés sont athermanes (i.e. imperméables aux transferts thermiques), tandis que la paroi (F) permet ces transferts.



- données :
- coefficient de Laplace du gaz : $\gamma = 7/5$; $R = 8,314 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$; $n = 1 \text{ mol}$;
 - capacité thermique massique du cuivre : $c = 385 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$; $m = 269 \text{ g}$;
 - P_0 est constante ; les valeurs de γ et de c sont ici indépendantes de la température ;

- C.2.1) Comment définit-on les capacités thermiques C_V et C_P d'un système thermodynamique ? Simplifier ces expressions dans le cas du gaz parfait et établir dans ce cas les expressions des capacités molaires $C_{V,M}$ et $C_{P,M}$ en fonction du coefficient γ et de la constante R des gaz parfaits.
- C.2.2) La température extérieure étant restée très longtemps égale à T_0 , le fond (F) du cylindre est mis en contact avec une source (ou thermostat) à la température T_1 ; on laisse le système atteindre l'équilibre. Le volume V occupé par le gaz subit une diminution relative de 5 % à partir de la valeur initiale V_0 . En déduire la température Celsius finale si $\theta_0 = 27^\circ\text{C}$.
- C.2.3) En fonction des températures et des données, exprimer la variation d'enthalpie du système lors de la transformation décrite ci-dessus, sous la forme $\Delta H = C' \cdot \Delta T$. Quelles propriétés essentielles de l'enthalpie utilise-t-on pour établir cette expression ?
- C.2.4) En déduire l'expression du transfert thermique Q algébriquement reçu par le système à travers (F). Faire l'application numérique et interpréter son signe.
- C.2.5) Exprimer et calculer la variation d'énergie interne ΔU du système.
Interpréter la différence entre ΔU et ΔH dans le cadre du premier principe.
- C.2.6) On rappelle des expressions usuelles de la fonction d'état entropie S :
- $S_{\text{GP}}(T, V) = n.C_{V,M} \cdot \ln(T) + n.R \cdot \ln(V) + \text{cste}$ ou $S_{\text{GP}}(T, P) = n.C_{P,M} \cdot \ln(T) - n.R \cdot \ln(P) + \text{cste}$;
 - $S_{\text{phase condensée}}(T) = C \cdot \ln(T) + \text{cste}$ pour une phase condensée de capacité thermique C .
- En fonction des températures et de C' , exprimer l'entropie créée lors de la transformation.
Faire l'application numérique et conclure.

Calculer aussi numériquement ΔS et $S_{\text{échange}}$. Conclure