

Problème 1 : QCM (d'après ENAC)**1) Partie 1**

1. B)C)
2. A)D)
3. B)D)
4. D)
5. C)
6. B)C)

2) Partie 2

7. B)C)
8. A)
9. C)
10. B)
11. A)D)
12. C)

3) Partie 3

13. D)
14. C)
15. B)
16. A)
17. B)
18. A)

4) Partie 4

19. B)
20. A)D)
21. B)
22. A)C)
23. B)
24. A)C)

Problème 2 : Études de transformations d'un gaz parfait**1) Préliminaires**

1. $PV = nRT$, P en Pa, V en m^3 , n en mol, T en K, R en $\text{J.K}^{-1}\text{mol}^{-1}$.
2. $H = U + PV = U + nRT$, soit $C_{Pm} = C_{Vm} + R$; on obtient $\gamma C_{Vm} = C_{Vm} + R$ ou encore $C_{Vm} = \frac{R}{\gamma-1}$ et donc $C_{Pm} = \gamma C_{Vm} = \frac{\gamma R}{\gamma-1}$
3. $\Delta U = nC_{Vm}\Delta T = \frac{nR}{\gamma-1}\Delta T$ (première loi de Joule)
 $TdS = dU + PdV = \frac{nR}{\gamma-1}dT + nRT\frac{dV}{V}$, soit $dS = \frac{nR}{\gamma-1}\frac{dT}{T} + nR\frac{dV}{V}$ qui donne le résultat par intégration entre l'état initial et l'état final.
4. $PV = nRT$ donne, si on utilise la différentielle du log de cette équation : $\frac{dP}{P} + \frac{dV}{V} = \frac{dT}{T}$, ce qui permet de changer de variable dans dS , et mène au résultat après intégration.

2) Détente isotherme

1. A l'EF, $T_F = T_1$, on a alors $P_1 V_1 = nRT_1$ et $2P'_1 V_1 = nRT_1$, soit $P'_1 = \frac{P_1}{2}$
2. La transformation est isotherme, car quasistatique avec contact avec un thermostat, on a donc : $W_1 = -nRT_1 \ln\left(\frac{V_F}{V_I}\right) = -nRT_1 \ln(2)$
3. $\Delta U_1 = 0$ car $T_F = T_I$, et en appliquant le premier principe au gaz dans l'enceinte, on trouve $Q_1 = -W_1 = nRT_1 \ln(2)$
4. Contact avec un thermostat $\Rightarrow S_{e1} = \frac{Q_1}{T_1} = nR \ln(2)$
 $\Delta S_1 = nR \left[\frac{1}{\gamma-1} \ln\left(\frac{T_F}{T_I}\right) + \ln\left(\frac{V_F}{V_I}\right) \right] = nR \ln(2) = S_{e1}$
 Le deuxième principe donne $\Delta S_1 = S_{e1} + S_{c1} = S_{e1}$, on en déduit que $S_{c1} = 0$, la transformation est donc réversible, ce qui est cohérent, car la transformation est lente + contact avec un thermostat.

3) Détente de Joule Gay-Lussac

1. $\Delta U = W + Q$, or les parois sont athermanes, et le transfert thermique entre le gaz et le vide, lors de la détente, est nul, donc $Q = 0$; de plus les parois sont fixes, la seule paroi mobile est celle entre le gaz et le vide, soit $\delta W = -P_{vide} dV = 0$; on obtient alors $\Delta U = 0$, soit $T'_1 = T_1$
2. Un gaz parfait comme un gaz réel subit une transformation à énergie interne constante; toutefois, la température d'un gaz réel peut (et va) varier au cours de cette transformation, car son énergie interne dépend à la fois de la température et du volume.
3. $\Delta S_2 = nR \ln(2)$ pour le mêmes raisons qu'en 1)
 $S_{e2} = 0$ ici car le système est isolé thermiquement
 $S_{c2} = nR \ln(2) > 0$
4. $\Delta S_2 = \Delta S_1$ qui est tout à fait prévisible car les états initial et final sont identiques, et S est une fonction d'état.

Problème 3 : Problème ouvert

Un verre contient initialement une masse $m_e = 250$ g d'eau à la température 25°C . Un morceau de glace de masse $m_g = 150$ g et de température -19°C est ensuite placé dans le verre. Enfin, on supposera que les échanges thermiques avec l'atmosphère sont négligeables.

1. Il y a 2 inconnues, il faut faire des hypothèses : soit toute la glace a fondu à l'état final et on a que de l'eau liquide dont on détermine T_f (H1), soit il reste de la glace à l'état final, donc $T_f = 273$ K (0°C ...) et il faut déterminer la masse restante. L'idée est qu'une des conclusions sera aberrante.

(H1) : 2 systèmes sont mis en contact, l'eau liquide de température $T_{i1} = 298$ K qui se refroidit à T_f , sa variation d'enthalpie sera $\Delta H_1 = m_e \cdot c_e (T_f - T_{i1})$; et de la glace qui se réchauffe de $T_{i2} = 254$ K à 273 K, puis se liquéfie, puis l'eau liquide se réchauffe à T_f . $\Delta H_2 = m_g \cdot c_g (273 - T_{i2}) + m_g \Delta_{fus} H + m_g \cdot c_e (T_f - 273)$. Le PP pour cette transfo monobare (que l'on supposera également adiabatique, pour simplifier) donne $\Delta H_{tot} = \Delta H_1 + \Delta H_2 = 0$ d'où T_f (données)

(H2) : 3 systèmes sont mis en contact, l'eau liquide de température $T_{i1} = 298$ K qui se refroidit à 273 K; la glace qui se réchauffe à 273 K et une fraction x qui se liquéfie. $\Delta H_1 = m_e \cdot c_e (273 - T_{i1})$; $\Delta H_2 = m_g \cdot c_g (273 - T_{i2}) + x \cdot m_g \Delta_{fus} H$. Le même argument que ci-dessus permet de trouver x donc la composition du système.

2. On applique le deuxième principe.

Données :

$$\Delta h_{fusion}(0^\circ\text{C}) = 333 \text{ J.g}^{-1}$$

$$c_{eau} = 4,18 \text{ J.K}^{-1}.\text{g}^{-1}$$

$$c_{glace} = 2,10 \text{ J.K}^{-1}.\text{g}^{-1}$$