

Université Mohamed BOUDIAF - M'SILA
Faculté de Technologies
Département de Génie Mécanique

2^{ème} année Master Energétique (S3) - 2019/2020

Corrigé type de L'épreuve de Moyenne Durée
de Cryogénie.

Questions de cours: (8pts)

1/ La cryogénie est une branche de la physique qui s'intéresse aux techniques d'obtention des basses températures (-110°C), bien au-dessous des températures de réfrigération. Ainsi que les méthodes de mesure de telles températures afin de comprendre les phénomènes physiques qui se produisent en ces températures (superconductivité, superfluidité, ... etc)

2/ Domaine alimentaire, médical, industriel, physique...
Autrement dit, elle peut s'étaler de la conservation quotidienne des aliments par congélation aux applications scientifiques les plus avancées, telles que l'informatique quantique.

1

$$\frac{3}{dU = \delta Q + \delta W \quad (0.17)$$

$$dH = d(U + PV) = dU + PdV + VdP$$

$$dH = \delta Q + \delta W + PdV + VdP \quad (0.18)$$

$$\text{Car } \delta W + PdV = 0 \Rightarrow dH = \delta Q + VdP \quad (0.19)$$

$$\delta Q = dH - VdP$$

$$\Delta S = \int_1^2 dS = \int_1^2 \frac{\delta Q}{T} = \int_1^2 \frac{dH}{T} - \int_1^2 \frac{V}{T} dP \quad (0.20)$$

processus irréversible

$$\boxed{\Delta S = - \int_1^2 \frac{V}{T} dP} \quad (0.21)$$

→ Dans le cas d'un gaz parfait, l'équation d'état peut s'écrire comme suit :

$$PV = nRT \Rightarrow \frac{V}{T} = \frac{nR}{P} \quad (1)$$

$$\text{d'où : } \Delta S = \int_{P_1}^{P_2} -nR \frac{dP}{P} = -nR \ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right) \quad (0.22)$$

$$\boxed{\Rightarrow \Delta S = nR \ln\left(\frac{P_1}{P_2}\right)} \quad (2.4)$$

(2)

Exercice n°01

$$m = 0,3 \text{ g}$$

$$P_1 V_1^{k_1} = P_2 V_2^{k_2}, \quad k_1, k_2 \text{ des } \text{deg}$$

$$P_1 = 12 \text{ bar} = 12 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$V_1 = 0,25 \text{ L} = 25 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$P_2 = 1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$$

$$V_2 = 1,76 \text{ L} = 1,76 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

* Travail fourni par le piston pendant la détente :

$$W_{1 \rightarrow 2} = - \int_{V_1}^{V_2} P dV$$

On a :

$$P_1 V_1^{k_1} = P_2 V_2^{k_2}$$

donc : $P_1 V_1^{k_1} = K_1$

$$P_2 V_2^{k_2} = K_2$$

avec :

$$v_1 = \frac{V_1}{m} \text{ et } v_2 = \frac{V_2}{m}$$

$$\left(\frac{v_1}{v_2}\right)^{k_1} = \frac{P_2}{P_1}$$

$$k_1 \ln\left(\frac{v_1}{v_2}\right) = \ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right)$$

$$k_1 = \frac{\ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right)}{\ln\left(\frac{v_1}{v_2}\right)}$$

$$k_1 = \frac{\ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right)}{\ln\left(\frac{V_1}{V_2}\right)}$$

$$k_1 = \frac{\ln(1/12)}{\ln(0,25/1,76)} = 1,2733$$

$$K_1 = 1,2733$$

Nous pouvons calculer maintenant K_2 .

$$K_2 = P_1 V_1^{k_1} = P_1 \left(\frac{V_1}{m}\right)^{k_1}$$

$$K_2 = 12 \times 10^5 \left(\frac{0,25 \times 10^{-3}}{0,3 \times 10^{-3}}\right)^{1,2733}$$

$$K_2 = 9,514 \times 10^5$$

Finalement :

$$W_{1 \rightarrow 2} = \int_{V_1}^{V_2} K_2 v^{-k_1} dv$$

ou bien :

$$W_{1 \rightarrow 2} = \int_{v_1}^{v_2} K_2 v^{-k_1} dv$$

$$= \frac{-K_2}{(1-k_1)} v^{1-k_1} \Big|_{v_1}^{v_2}$$

$$W_{1 \rightarrow 2} = \frac{-9,514 \times 10^5}{-0,2733} \left[v^{-0,2733} \right]_{v_1}^{v_2}$$

$$W_{1 \rightarrow 2} = -1,513 \times 10^6 \text{ J/kg}$$

$$W_{1 \rightarrow 2} = -1513 \text{ kJ/kg}$$

$$W_{1 \rightarrow 2} = m W_{1 \rightarrow 2} = 3 \times 10^{-4} \times (-1513)$$

$$W_{1 \rightarrow 2} = -453,9 \text{ J}$$

Exercice n° 02

Le bilan énergétique dans un système ouvert est :

$$q_{1 \rightarrow 2} + w_{1 \rightarrow 2} = \Delta h + \Delta e_{mec} \quad (0.5)$$

$$\Delta e_{mec} = \Delta e_{cin} + \Delta e_p \quad (0.5)$$

$$\Delta e_{mec} = \frac{1}{2} [c_2^2 - c_1^2] + g (z_2 - z_1)$$

D'après les données de l'exercice :

$$\Delta e_p = 0, q_{1 \rightarrow 2} = 0 \text{ et } w_{1 \rightarrow 2} = 0 \quad (0.5)$$

$$\text{Donc : } \Delta h = h_2 - h_1 = \frac{1}{2} (c_1^2 - c_2^2) \quad (0.5)$$

$$c_2 = \left[-2(h_2 - h_1) + c_1^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (0.5)$$

Finalement :

$$c_2 = \left[-2(754 - 776) \cdot 10^3 + \left(\frac{30 \cdot 10^3}{3600} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (0.5)$$

$$c_2 = 209,9 \text{ m/s} = 755,64 \text{ km/h} \quad (0.5)$$

(4)