



CONCOURS CENTRALE-SUPÉLEC

Thermodynamique

On considère une masse  $m$  de vapeur d'eau (assimilable à un gaz parfait de masse molaire  $M = 18$  g) à la température  $T_1$  et à la pression  $P_1$ .

On lui fait subir une compression isotherme réversible qu'on arrête dès que toute l'eau est liquide.

1. Calculer la chaleur et le travail échangés entre l'eau et le milieu extérieur.
2. Calculer les variations d'énergie, d'enthalpie, d'entropie de l'eau durant cette transformation.

Faire les applications numériques pour  $m = 4$  kg,  $T_1 = 470$  K et  $P_1 = 1$  atm.

On donne, à la température  $T_1 = 470$  K :

La pression de vapeur saturante	$p_v = 14,6$ atm
L'enthalpie massique de vaporisation	$l_v = 1,95 \times 10^6$ J · kg <sup>-1</sup>
Le volume massique de l'eau liquide	$u_l = 1,16 \times 10^{-3}$ m <sup>3</sup> · kg <sup>-1</sup>
La constante des gaz parfaits	$R = 8,32$ J · K <sup>-1</sup> · mol <sup>-1</sup>
1 atm ↔ 1,013 × 10 <sup>5</sup> Pa	



### Thermodynamique

La transformation est à étudier en deux étapes : (1) compression du gaz et (2) liquéfaction.

L'expression de la chaleur mise en jeu pour une transformation isotherme de  $n$  moles de gaz est :

$$Q_1 = \frac{m}{M} RT_1 \ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right)$$

Ici on va comprimer un gaz jusqu'à la pression de vapeur saturante :

$$Q_1 = \frac{m}{M} RT_1 \ln\left(\frac{P_i}{P_v}\right) = -W_1$$

Ensuite la chaleur mise en jeu est celle qui permet la liquéfaction de 4kg de gaz soit  $Q_2 = -4l_v$ . Comme toute la transformation est isotherme réversible alors, pendant le changement d'état on a également une transformation isobare :

$$W_2 = -P_v \left( m v_m - \frac{mRT_1}{MP_v} \right)$$

Donc  $Q = -2,3 - 7,8 = -10,1MJ$  et  $W = +2,3 + 0,87 = 3,2MJ$

$$\begin{aligned} \Delta U &= \Delta U_1 + \Delta U_2 = \Delta U_2 = Q_2 + W_2 = 6,9MJ \\ \Delta H &= \Delta H_2 = Q_2 = -7,8MJ \\ \Delta S &= \Delta S_1 + \Delta S_2 = S_{e1} + S_{e2} = \frac{Q_1 + Q_2}{T_1} = 21,5kJ \cdot K^{-1} \end{aligned}$$