

# DM 5 : Thermodynamique des systèmes ouverts

## Éléments de correction

N°	Elts de rép.	Pts	Note
1	recherches de tous les exercices	1	
2.	propreté de la copie	0.5	
3.	rendu pour le jour demandé	0.5	

	<b>Refroidissement du supraconducteur</b>		
	<b>Étude du cycle</b>		
1	on place 1 sur $p_1 = 1$ bar et isotherme à $T_1 = 290$ K, de 1 à 2 compression isotherme donc on place 2 sur $p_2 = 200$ bar et isotherme $T_2 = T_1 = 290$ K, pour 5 on a liquide à la sortie du séparateur donc $p_5 = p_1 = 1$ bar et liquide saturant donc sur la courbe d'ébullition, pour 6 séparateur isobare donc $p_6 = p_5 = p_1 = 1$ bar et vapeur saturante donc 6 sur la courbe de rosée.		
2	$h_1 = 505 \text{ kJ.kg}^{-1}$ , $s_1 = 3,85 \text{ kJ.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$ $h_2 = 470 \text{ kJ.kg}^{-1}$ , $s_2 = 2,15 \text{ kJ.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$ $h_5 = 80 \text{ kJ.kg}^{-1}$ , $s_5 = 0,05 \text{ kJ.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$ $h_6 = 280 \text{ kJ.kg}^{-1}$ , $s_6 = 2,45 \text{ kJ.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$		
3	Pour un gaz parfait, on sait que l'enthalpie ne dépend que de la température, donc si la température est constante alors l'enthalpie est constante, donc isothermes = isenthalpes Pour des pressions faibles et loin de la courbe de rosée		
4	second principe $\Delta s = \frac{q}{T_{ext}} + s_c$ , isotherme donc $T_{ext} = T_1$ et réversible donc $s_c = 0$ , donc $\Delta s = \frac{q_{1 \rightarrow 2}}{T_1}$ donc $q_{1 \rightarrow 2} = T_1(s_2 - s_1) = -493 \text{ kJ.kg}^{-1}$		
5	premier principe $\Delta h = w_{1 \rightarrow 2} + q_{1 \rightarrow 2}$ donc $w_{1 \rightarrow 2} = h_2 - h_1 - q_{1 \rightarrow 2} = 458 \text{ kJ.kg}^{-1}$		
6	détente sans travail utile, et adiabatique, donc $\Delta h = w_u + q = 0$ donc détente isenthalpique		
7	le titre massique de liquide est $y = \frac{h_6 - h_4}{h_6 - h_5}$ donc $h_4 = yh_5 + (1-y)h_6$		
8	La transformation de 3 vers 4 est isenthalpique donc $h_3 = h_4 = yh_5 + (1-y)h_6$ et $h_3 = h_2 - (1-y)(h_1 - h_6)$ donc ... $y = \frac{h_2 - h_1}{h_5 - h_1} = 0,08$		

9	$m_l i q = y m_4 = y m_e = y \frac{W_u}{w_u}$ donc $W_u = \frac{m_l i q w_u}{y} = 5,7 \text{ MJ}$		
10	le point 4 est à $p_4 = p_5 = p_1 = 1 \text{ bar}$ car séparateur isobare et sur l'isotitre $x = 1 - y = 0,92$ . On en déduit par lecture $h_4 = 265 \text{ kJ.kg}^{-1}$ et $s_4 = 2,25 \text{ kJ.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$		
11	réaction de 3 à 4 isenthalpique donc on le place à $h_3 = h_4 = 265 \text{ kJ.kg}^{-1}$ et échangeur isobare donc $p_3 = p_2 = 200 \text{ bar}$ . On lit $s_3 = 1,2 \text{ kJ.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$		
12	$s_4 - s_3 = 1,05 \text{ kJ.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$ et la détente est adiabatique donc $s_c = s_4 - s_3 = 1,05 \text{ kJ.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$ , cette irréversibilité est due à l'écoulement irréversible d'un milieu de haute pression vers un milieu basse pression.		
13	$W = m_e w_u = \frac{m_l i q w_u}{y} = \frac{\rho V w_u}{y} = 48 \text{ MJ}$ , le coût est de $0,15 \text{ €} \cdot (\text{kWh})^{-1}$ donc ça donne <b>2€</b> pour 10L d'azote liquide. C'est moins cher que l'eau en bouteille.		