

Exercice : Liquefaction du gaz naturel

1. Lors du processus de condensation, le méthane est diphasé donc impose la pression fixe la température et $P = 1 \text{ bar}$ pour $T = -162^\circ\text{C}$ (environ !)

Lorsque le liquide est saturant, on a
 $v = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$

• Tout d'abord, on a $D_{m1} = D_{m1bis} + D_m$ (1)
D'autre part $D_{m1bis} = D_{mg}$ par conservation
et $D_{m1} = D_{mg}$
du débit massique en régime permanent
dans une canalisation.

Enfin $D_{mg} = \alpha D_{m1}$ donc (2) $D_{m1bis} = \alpha D_{m1}$

D'après (1) et (2), on a $D_{m1}(1 - \alpha) = D_m$

$$\text{donc } D_{m1} = \frac{D_m}{1 - \alpha} = 2,6 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$D_{m1bis} = \frac{\alpha}{1 - \alpha} D_m = 1,6 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$$

2. On a $T_f = -63^\circ\text{C}$ donc d'après le graphe
 $P_2 = 100 \text{ bar}$ $h_f = 4,2 \cdot 10^2 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$

$T_{fbis} = -83^\circ\text{C}$ donc $h_{fbis} = 3,1 \cdot 10^2 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$
 $P_{fbis} = 100 \text{ bar}$

Le point G correspond à un état de vapeur saturante sèche sous 1 bar donc

$$\underline{h_g = 5,1 \cdot 10^2 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}}$$

4. On a un échangeur double flux donc le premier ppe induit se généralise à

$$D_{m1bis}(h_{1bis} - h_g) + D_m(h_{fbis} - h_f) = 0$$

↑
échangeur
calorifuge

$$\text{donc } h_{1bis} = \frac{D_m}{D_{m1bis}}(h_f - h_{fbis}) + h_g$$

$$\boxed{h_{1bis} = \frac{h_f - h_{fbis}}{\alpha} + h_g = 6,9 \cdot 10^2 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}}$$

5. On applique le 1^{er} ppe ^{indus} avec deux entrées et une sortie au mélangeur
 $D_m(h_1 - h_0) + D_{m1bis}(h_{1bis} - h_{1bis}) = 0$

$$\text{donc } \cancel{D_m h_1 + D_{m1bis} h_{1bis}} \\ D_m h_1 = D_m h_0 + D_{m1bis} h_{1bis}$$

ce d'après le graphe $h_0(T_0, P_0) = 8,7 \cdot 10^2 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$

$$\text{donc } \underline{h_1 = 7,6 \cdot 10^2 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}}$$

6. On suit l'isentrope jusqu'à $P_2 = 5,0 \text{ bar}$
et on lit graphiquement $h_2 = 1,00 \cdot 10^3 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$

En appliquant le 1^{er} ppe industriel au compresseur C_1 , on obtient

$$D_{m1}(h_2 - h_1) = \underline{P_u = 0,62 \text{ MW}}$$