

Correction

Turbine à deux corps

1. Les valeurs de l'enthalpie et de l'entropie massiques sont données par les tables de la vapeur surchauffée.

Pour l'entrée du premier corps de la turbine à l'intersection de la ligne 70 bars et de la colonne 600°C on lit:

$$h_1 = 871,6 \text{ kcal.kg}^{-1} \quad \text{et} \quad s_1 = 1,6928 \text{ kcal.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$$

de même pour l'entrée du second corps de turbine à l'intersection de la ligne 10 bars et de la colonne 400°C

$$h_3 = 779,4 \text{ kcal.kg}^{-1} \quad \text{et} \quad s_3 = 1,7821 \text{ kcal.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$$

2. La détente dans les turbines est adiabatique réversible donc isentropique. L'entropie doit rester constante, et doit donc être de $s_2 = s_1 = 1,6928 \text{ kcal.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$. On lit sur la table de la vapeur surchauffée à 10 bars et 300°C une valeur de l'entropie massique égale à $1,6996 \text{ kcal.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$, ce qui est assez proche de la valeur de s_1 . On peut donc considérer que ce point est assez proche de l'état de sortie de la vapeur du premier corps de turbine. On prendra donc la valeur de l'enthalpie en ce point soit: $h_2 = 727,9 \text{ kcal/kg}$.

Pour ce qui concerne la sortie du deuxième corps de turbine, l'entropie massique doit être $s_4 = s_3 = 1,7821 \text{ kcal.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$. On constate qu'à la pression de sortie, soit 0,05 bars, l'entropie du liquide saturé vaut $s' = 0,1136 \text{ kcal.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$ et celle de la vapeur $s'' = 2,005 \text{ kcal.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$. On en déduit que le point 4 est situé dans la zone d'équilibre liquide-vapeur. On peut alors calculer le titre de vapeur

$$x_4 = \frac{s_4 - s'}{s'' - s'} = \frac{1,7821 - 0,1136}{2,005 - 0,1136} = 0,882$$

puis l'enthalpie

$$h_4 = (1 - x_4)h' + x_4h'' = 0,118.32,88 + 0,882.611,6 = 543,31 \text{ kcal/kg}$$

3. Le travail massique peut être calculé grâce au premier principe de la thermodynamique. Dans le cas d'un écoulement permanent, celui-ci peut s'écrire:

$$w_{12} + q_{12} = h_2 - h_1 + \frac{1}{2}(V_2^2 - V_1^2)$$

ici on a une adiabatique et la variation d'énergie cinétique est négligeable. Il reste:

$$w_{12} = h_2 - h_1 = 727,9 - 871,6 = -143,7 \text{ kcal/kg}$$

le travail est négatif c'est à dire qu'il est perdu par la vapeur.
de même pour le deuxième corps de turbine:

$$w_{34} = h_4 - h_3 = 543,31 - 779,4 = -236,09 \text{ kcal/kg}$$

au total le travail massique de la vapeur est $w = w_{12} + w_{34} = -379,8 \text{ Kcal/kg}$

4. La puissance développée par la turbine est de 1 MW . C'est l'opposé de la puissance perdue par la vapeur. On peut écrire pour la vapeur

$$\dot{W} = \dot{m}w = -10^6 \text{ W}$$

d'où l'on déduit:

$$\dot{m} = \frac{\dot{W}}{w} = \frac{-10^6}{-379,8 \cdot 18 \cdot 10^3} = 0,630 \text{ kg/s}$$

remarque: le travail a été converti en joules au dénominateur de l'expression précédente.

5. Si la vapeur est détendue en une seule étape jusqu'à la pression finale de 0,05 bars, le point final 5 est encore dans la zone d'équilibre liquide-vapeur car l'entropie massique égale à s_1 est encore comprise entre s' et s'' . Le calcul se mène de même que précédemment:

$$x_5 = \frac{s_5 - s'}{s'' - s'} = \frac{1,6928 - 0,1136}{2,005 - 0,1136} = 0,8385$$

ce qui permet de déduire:

$$h_5 = (1 - x_5)h' + x_5h'' = 0,1615 \cdot 32,88 + 0,8385 \cdot 611,6 = 518,14 \text{ kcal/kg}$$

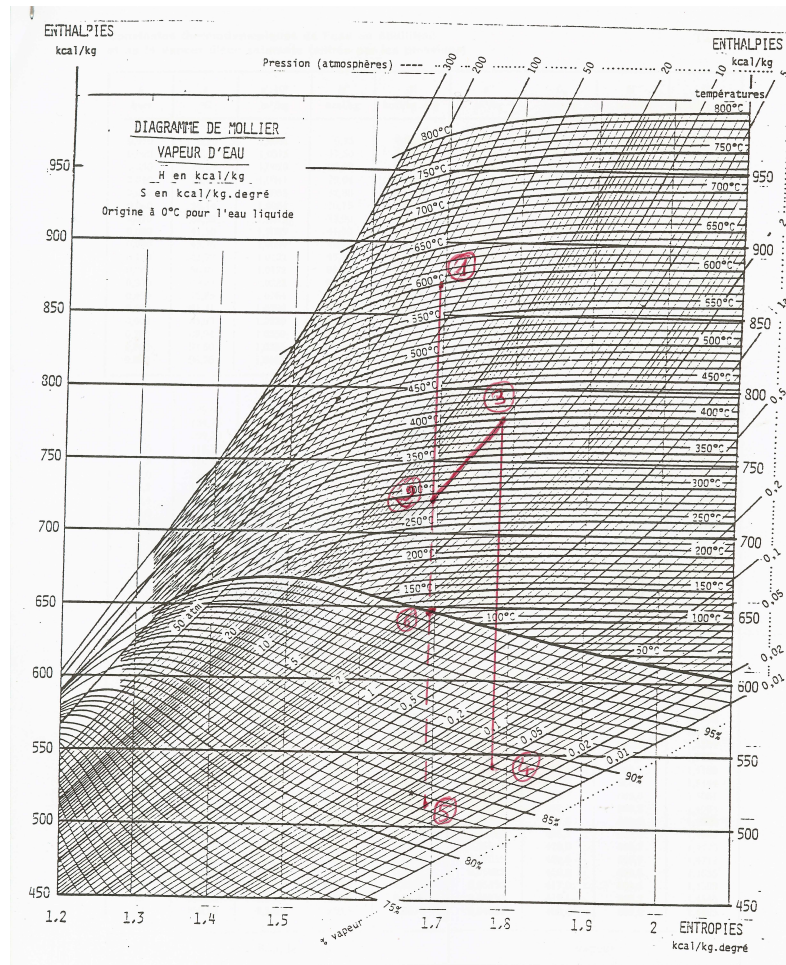
On en déduit le travail massique:

$$w_{15} = h_5 - h_1 = 518,14 - 871,6 = -353,46 \text{ kcal/kg}$$

et le débit massique de vapeur:

$$\dot{m} = \frac{\dot{W}}{w} = \frac{-10^6}{-353,46 \cdot 18 \cdot 10^3} = 0,677 \text{ kg/s}$$

On remarque que le débit doit être plus important pour fournir la même puissance car le travail fourni par un kg de vapeur est plus faible



6. Si l'on désire éviter la condensation, il faut que la détente s'arrête à une pression telle que la vapeur reste surchauffée. l'entropie de la vapeur doit donc être supérieure à celle de la vapeur saturée correspondante. On doit donc avoir $s'' < s_6$. On voit sur la table de saturation que l'entropie massique s'' de la vapeur saturée à 2,2 bars est $s'' = 1,6937 \text{ kcal.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$ qui est sensiblement égale à s_1 . Pour toute pression inférieure à 2,2 bars s'' est supérieure à s_1 et le point final serait dans la zone d'équilibre liquide-vapeur. Pour toute pression finale supérieure à 2,2 bars, le point final est dans la zone correspondant à la vapeur surchauffée. On peut remarquer sur la figure qu'un traitement graphique donne le même résultat.