

## Proposition de correction

### 1. Étude de la chaudière.

1.1. à partir de la relation  $\delta q_P = dh = c_e dT$  soit  $\Delta h = c_e \Delta T = c_e \Delta \theta$  (avec  $c_e = \text{cste}$ )

On a  $h_A - h_0 = c_e (\theta_A - \theta_0)$   
C'est-à-dire  $h_A = c_e \theta_A = 438,9 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$

1.2. Le point D se trouve à l'intersection de l'isobare 46 bar et de l'isotherme 435 °C  
la valeur de l'enthalpie massique  $h_D$  de la vapeur est lue sur le diagramme :  $h_D = 3\,280 \text{ kJ.kg}^{-1}$ .

1.3. La variation d'enthalpie  $\Delta h_{AD}$  apportée par la chaudière au fluide est :  $\Delta h_{AD} = h_D - h_A = 2\,841 \text{ kJ.kg}^{-1}$   
On peut écrire  $\Delta h_{AD}$  par une somme de trois termes :

$$\Delta h_{AD} = (h_B - h_A) + (h_C - h_B) + (h_D - h_C)$$

$(h_B - h_A)$  : nécessaire à l'échauffement isobare de l'eau liquide de  $\theta_A$  à  $\theta_B = 250 \text{ °C}$  (lecture du diag de Mollier)

$(h_C - h_B)$  : nécessaire à la vaporisation isobare de l'eau (à  $\theta_B = \theta_C = 250 \text{ °C}$ )

$(h_D - h_C)$  : nécessaire à l'échauffement isobare de l'eau vapeur de  $\theta_B = \theta_C$  à  $\theta_D$

1.4. La puissance thermique utile de la chaudière  $P_{th}$  est :  $P_{th} = D_m \Delta h_{AD} = \frac{26,5 \cdot 10^3}{3600} \times 2841 \cdot 10^3 = 20,9 \text{ MW}$

1.5. Puisque  $\eta = \frac{P_u}{P_a}$ , on obtient  $P_a = 22,2 \text{ MW}$ .

### 2. Étude de la turbine parfaite.

2.1. Le point E, est tel que  $P_E = 5 \text{ bar}$  et  $s_E = s_D$  ; La valeur de l'enthalpie massique  $h_E$  est  $h_E = 2\,760 \text{ kJ.kg}^{-1}$  et  $\theta_E = 160 \text{ °C}$

La loi de Laplace appliquée à cette détente s'écrit :

$$T_D^\gamma P_D^{1-\gamma} = T_E^\gamma P_E^{1-\gamma}$$

Soit :  $T_E = T_D \left( \frac{P_D}{P_E} \right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = 430 \text{ K soit } 157 \text{ °C}$  (valeur conforme à

celle lue sur le diagramme).

2.2.  $\Delta h_{DE} = h_E - h_D = -530 \text{ kJ.kg}^{-1}$ .

2.3.  $q_{DE} = 0$  (transf adiabatique) donc  $\Delta h_{DE} = w_{DE}^* = -530 \text{ kJ.kg}^{-1}$ .

Le travail massique utile  $w_{TU}$  **produit** (donc positif) par la turbine est :  $w_{TU} = -w_{DE}^* = 530 \text{ kJ.kg}^{-1}$ .

La puissance utile  $P_u$  de la turbine « parfaite » est :  $P_u = D_m \times w_{TU} = 3,9 \text{ MW}$ .

2.4. L'eau en sortie turbine est sous forme de vapeur sèche donc pas de risque d'érosion des aubages du à la présence de gouttelettes de liquide.

### 3. Étude de la turbine réelle.

3.1. Sur le diagramme de Mollier, le point E' est à l'intersection de l'isobare 5 bar et de l'isotherme 210°C avec  $s_{E'} > s_E$  puisque la détente est irréversible et aadiabatique.

On lit l'enthalpie massique  $h_{E'} = 2880 \text{ kJ.kg}^{-1}$ . La température à l'échappement de la turbine est voisine de 210 °C. La température de la vapeur d'eau après la détente réelle est supérieure à celle correspondant à la détente théorique.

3.2.  $\Delta h_{DE'} = h_{E'} - h_D = -410 \text{ kJ.kg}^{-1}$ .

3.3.  $q_{DE'} = 0$  (transf adiabatique) donc  $\Delta h_{DE'} = w_{DE'}^* = -410 \text{ kJ.kg}^{-1}$ .

Le travail massique utile réel  $w'_{TU}$  **produit** par la turbine est :  $w'_{TU} = -w_{DE'}^* = 410 \text{ kJ.kg}^{-1}$ .

La puissance utile  $P'_u$  de la turbine réelle est :  $P'_u = D_m \times w'_{TU} = 3,0 \text{ MW}$ .

$P'_u < P_u$  du fait des irréversibilités (frottement sur l'arbre, mauvais calorifugeage de  $T_u$ ) lors de la détente.

#### 4. Estimation des rendements.

4.1. Le rendement thermodynamique de la turbine réelle s'écrit :

$$r = \frac{P'_u}{P_u} = \frac{\Delta h_{DE'}}{\Delta h_{\text{isentropique}}} = 77 \%$$

4.2. Le rendement global du dispositif de transformation d'énergie thermique en énergie mécanique est :

$$r' = \frac{P'_u}{P_a} = 14 \%$$

