

TD 23

Machines thermiques

Ex. 3 Centrale nucléaire

1. Les circuits primaires et secondaires sont parfaitement étanches, ce qui limite les risques de contamination radioactive.
2. D'après l'énoncé, le rendement de la centrale vaut $\eta = 0,6 \times \eta_C$ avec η_C le rendement de Carnot d'une machine réversible fonctionnant entre ces deux sources, soit $\eta_c = 1 - T_F/T_C$. A.N. $\eta_c = 0,47$ et $\eta = 0,29$. La puissance P est la puissance mécanique fournie algébriquement par la centrale, elle est donc positive, car la centrale fournit vraiment de la puissance mécanique (passage de l'eau du circuit secondaire dans la turbine).

Φ_C est la puissance thermique reçue par l'eau du circuit secondaire de la part de la source chaude, elle est positive car l'eau du circuit secondaire reçoit vraiment du transfert thermique de la part de la source chaude (passage dans l'évaporateur).

Φ_F est la puissance thermique reçue algébriquement par l'eau du circuit secondaire de la part de la source froide (l'eau du fleuve), elle est négative car l'eau du circuit secondaire cède vraiment du transfert thermique vers la source froide (passage dans le condenseur)

3. Pour calculer l'augmentation de température ΔT on utilise la formule :

$$\rho_e D_v c_e \Delta T = \Phi ,$$

avec ρ_e la masse volumique de l'eau et c_e sa capacité thermique massique (D_v est le débit volumique du fleuve, ainsi ρD_v est le débit massique du fleuve). Il faut calculer la puissance thermique Φ reçue par l'eau du fleuve.

On raisonne maintenant sur la centrale. En exprimant le rendement de la centrale en fonction des puissances :

$$\eta = \frac{W_u}{Q_C} \Rightarrow \eta = \frac{P \times \Delta t}{\Phi_C \times \Delta t} = \frac{P}{\Phi_C} .$$

D'après le premier principe appliqué à l'eau dans le circuit secondaire sur un cycle :

$$-W_u + Q_C + Q_F = 0 \Rightarrow -P + \Phi_C + \Phi_F = 0 .$$

Attention au signe devant W_u (qui est le travail fourni par la centrale donc l'opposé du travail reçu algébriquement par l'eau du circuit secondaire).

Ainsi la puissance thermique reçue de la part de la source froide, le fleuve, est donnée par

$$\Phi_F = P - \Phi_C = P - \frac{P}{\eta} = P \left(1 - \frac{1}{\eta} \right) \quad (1)$$

Or $\Phi = -\Phi_F$ (la puissance thermique reçue par le fleuve a été cédée par l'eau du circuit secondaire).

On trouve finalement la variation de température :

$$\Delta T = -\frac{1}{\rho_e D_v c_e} P \left(1 - \frac{1}{\eta} \right) . \quad (2)$$

A.N. $\Delta T = 0,95 \text{ K}$.