

NOM

PRÉNOM

NOM DE L'ASSISTANT

Exercice à la maison n°5

À rendre le 27 mars 2018

Solution de l'exercice

1. Supposons que la chaleur provenant de la centrale est transférée au circuit de refroidissement en un point donné (voir schéma de l'énoncé), que l'on notera A. L'eau dans le circuit est à la température $T_{r,amont}$ juste en amont du point A, et à la température T_c juste en aval. Considérons un court laps de temps dt . Le volume d'eau dV qui sera réchauffé par \dot{Q}_c pendant dt correspond au volume d'eau qui traverse la section du circuit de refroidissement au niveau du point A, à savoir :

$$dV = D_c dt.$$

Or, pendant dt , ce volume reçoit la chaleur $\delta Q_c = \dot{Q}_c dt$, ce qui augmente sa température de $\Delta T = T_c - T_{r,amont}$. En appliquant le premier principe de la thermodynamique au volume dV (que l'on suppose incompressible), on trouve ainsi :

$$dU = \delta Q_c \quad \Rightarrow \quad c_p \rho dV \Delta T = \dot{Q}_c dt \quad \Rightarrow \quad \Delta T = \frac{\dot{Q}_c}{c_p \rho D_c},$$

avec c_p la chaleur spécifique de l'eau à pression constante et ρ la masse volumique de l'eau. On en déduit :

$$T_c = T_{r,amont} + \frac{\dot{Q}_c}{c_p \rho D_c}.$$

2. De même qu'à la question précédente, considérons un court laps de temps dt , et regardons ce qu'il se passe au point où l'eau du circuit de refroidissement est rejetée dans la rivière. Pendant le temps dt , le volume d'eau $dV_{res} = D_{res} dt$ provenant de la rivière se mélange au volume d'eau $dV_c = D_c dt$ provenant du circuit de refroidissement. Ces deux volumes, dont les températures avant mélange valent respectivement $T_{r,amont}$ et T_c , se thermalisent progressivement entre eux jusqu'à atteindre la température d'équilibre $T_{r,aval}$. En supposant

que le système constitué des deux volumes est isolé, le premier principe nous permet d'affirmer que l'énergie totale des ces deux volumes est conservée :

$$\rho dV_{\text{res}}T_{\text{r,amont}} + \rho dV_{\text{c}}T_{\text{c}} = \rho (dV_{\text{res}} + dV_{\text{c}})T_{\text{r,aval}},$$

d'où :

$$\begin{aligned} T_{\text{r,aval}} &= \frac{dV_{\text{res}}T_{\text{r,amont}} + dV_{\text{c}}T_{\text{c}}}{dV_{\text{res}} + dV_{\text{c}}} \\ &= \frac{D_{\text{res}}T_{\text{r,amont}} + D_{\text{c}}T_{\text{c}}}{D_{\text{res}} + D_{\text{c}}} \\ &= \frac{D_{\text{res}}T_{\text{r,amont}} + D_{\text{c}}T_{\text{r,amont}} + \dot{Q}_{\text{c}}/c_p}{D_{\text{res}} + D_{\text{c}}} \\ &= T_{\text{r,amont}} + \frac{\dot{Q}_{\text{c}}}{c_p D_{\text{r}}}, \end{aligned}$$

où l'on remplacé T_{c} par son expression trouvée à la question 1, et où l'on a utilisé le fait que $D_{\text{res}} + D_{\text{c}} = D_{\text{r}}$.

3. On peut appliquer le même raisonnement qu'à la question 1, en remplaçant D_{c} par D_{r} (puisque l'on suppose que l'on dévie toute l'eau de la rivière dans le circuit de refroidissement). La température de l'eau en sortie du circuit de refroidissement, et donc en aval de la centrale, vaut ainsi :

$$T_{\text{r,aval}} = T_{\text{c}} = T_{\text{r,amont}} + \frac{\dot{Q}_{\text{c}}}{c_p \rho D_{\text{r}}}.$$

Il s'agit bien de la même expression que celle trouvée à la question 2. On voit ainsi que le débit ponctionné dans la rivière pour alimenter le circuit de refroidissement n'a pas d'influence sur la température du cours d'eau en aval de la centrale.