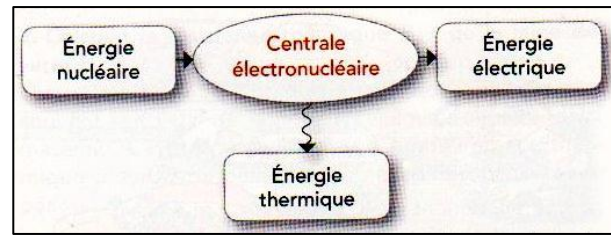


Ch.14. TRANSFERTS MACROSCOPIQUES D'ENERGIE.**EXERCICES CORRIGES p : 370 - 371 n°35.****BAC. p : 370-371 n°35 . Centrale électronucléaire****COMPÉTENCES : Mobiliser ses connaissances ; raisonner; calculer.**

En France, en 2011, environ 75 % de la production d'électricité est réalisée dans des centrales électronucléaires. L'énorme énergie libérée par la fission de l'uranium 235 ne peut techniquement pas être entièrement convertie en énergie électrique. Pour évacuer l'énergie non convertie, la centrale doit être équipée d'un circuit d'eau de refroidissement. Les centrales électronucléaires sont donc construites à proximité de rivières, fleuves, mers ou océans. Ce circuit de refroidissement est un élément crucial pour la sécurité, car, s'il n'est plus alimenté en eau, la température peut augmenter jusqu'à la fusion du cœur du réacteur. C'est ce qui s'est passé lors de l'accident nucléaire de Fukushima en mars 2011.

Le fonctionnement d'une centrale électronucléaire est modélisé par la chaîne énergétique suivante :



Le cœur du réacteur fournit à la centrale une énergie thermique Q . L'eau du circuit de refroidissement est à la température initiale $T = 16\text{ }^{\circ}\text{C}$ et la centrale lui fournit une énergie thermique Q' . Le travail électrique fourni par la centrale au réseau électrique est noté W . Le rendement de conversion de la centrale vaut 33 %.

- Établir le bilan énergétique de la centrale en précisant le signe des grandeurs qui interviennent.
- Comment se traduit la conservation de l'énergie lors du fonctionnement de cette centrale ?
- Définir le rendement de conversion ρ de cette centrale électronucléaire.
- Déduire de ce qui précède l'expression du transfert thermique entre la centrale et l'eau du circuit de refroidissement en fonction de W et ρ .
- Quelle est la conséquence pour l'eau du circuit de refroidissement de ce transfert thermique ?
- Ce circuit de refroidissement a un débit massique de $4,2 \cdot 10^4\text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$.
 - Exprimer la masse d'eau correspond au fonctionnement de la centrale pendant 10 min.
 - Quelle est l'élévation de la température de cette masse d'eau au cours de cette durée sachant que le travail électrique fourni par la centrale est de $5,4 \cdot 10^{11}\text{ J}$.
- Quel est l'effet d'une augmentation du débit de l'eau dans le circuit de refroidissement sur la température de cette eau ?
Donnée : pour l'eau liquide : $c = 4,18\text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

1. Établir le bilan énergétique de la centrale en précisant le signe des grandeurs qui interviennent.

Le système {centrale} échange avec l'extérieur :

- un travail électrique W , compté négativement, car fourni à l'extérieur par la centrale ;
- un transfert thermique Q , compté positivement, car fourni à la centrale par l'extérieur (cœur du réacteur) ;
- un transfert thermique Q' , compté négativement, car fourni à l'extérieur (circuit de refroidissement) par la centrale.

2. Comment se traduit la conservation de l'énergie lors du fonctionnement de cette centrale ?

D'après la conservation de l'énergie pour ce système, l'énergie reçue par la centrale est égale à l'énergie fournie par la centrale :

$$Q = -W - Q' \text{ (puisque } W < 0 \text{ et } Q' < 0).$$

3. Définir le rendement de conversion ρ de cette centrale électronucléaire.

Le rendement de conversion de la centrale est le rapport de l'énergie exploitable en sortie de chaîne et de l'énergie utilisée en entrée de chaîne :

$$\rho = -\frac{W}{Q} \text{ (puisque } W < 0).$$

4. Déduire de ce qui précède l'expression du transfert thermique entre la centrale et l'eau du circuit de refroidissement en fonction de W et ρ .

$$\text{En combinant les deux relations précédentes, il vient : } Q' = -W - Q \text{ or } Q = -\frac{W}{\rho} \text{ donc } Q' = -W + \frac{W}{\rho} = W\left(\frac{1}{\rho} - 1\right) = W\left(\frac{1-\rho}{\rho}\right)$$

5. Quelle est la conséquence pour l'eau du circuit de refroidissement de ce transfert thermique ?

L'eau du circuit de refroidissement reçoit le transfert thermique $(-Q') > 0$, donc son énergie interne et sa température vont augmenter.

6. Ce circuit de refroidissement a un débit massique de $4,2 \cdot 10^4\text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$.**a. Exprimer la masse d'eau correspond au fonctionnement de la centrale pendant 10 min.**

En 600 s, la masse d'eau qui va circuler au contact de la centrale est : $m = 4,2 \times 10^4 \times 600 = 2,52 \times 10^7\text{ kg}$.

b. Élévation de la température de cette masse d'eau au cours de cette durée sachant que le travail électrique fourni par la centrale est de $5,4 \cdot 10^{11}\text{ J}$.

Pour l'eau liquide, transfert thermique et variation de température sont liés par : $-Q' = m \cdot c \cdot \Delta T$ soit $\Delta T = \frac{-Q'}{m \cdot c}$

$$\text{D'où } \Delta T = -\frac{W\left(\frac{1-\rho}{\rho}\right)}{m \cdot c} \quad \text{A.N. : } \Delta T = -\frac{5,4 \cdot 10^{11} \left(\frac{1-0,33}{0,33}\right)}{2,52 \cdot 10^7 * 4,18 \cdot 10^3} = 10,4\text{ K.}$$

La température de l'eau s'élève d'environ $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ lors du fonctionnement de la centrale.

7. Effet d'une augmentation du débit de l'eau dans le circuit de refroidissement sur la température de cette eau :

L'étude montre que plus le débit de l'eau est important, moins la variation de température est élevée.