

Ce problème décrit de façon simplifiée le fonctionnement de quelques parties d'une centrale électronucléaire à eau pressurisée (figure 1).

Les parties I, II, III sont indépendantes les unes des autres et peuvent être traitées dans un ordre quelconque.

I - Etude du circuit primaire

A l'entrée et à la sortie de la cuve du réacteur, ainsi que dans le pressuriseur, la pression est de 155 bars. On relève respectivement à l'entrée et à la sortie de la cuve les températures $t_3 = 284^\circ\text{C}$ et $t_4 = 321^\circ\text{C}$.

1 - On considère le diagramme (p_s, t) (Annexe 1 qui est à rendre avec la copie) où

- p_s est la pression de vapeur saturante de l'eau en bars
- t est la température de l'eau en degrés Celsius.

a) Indiquer sur ce diagramme le domaine de l'eau liquide et celui de l'eau vapeur en justifiant.

b) Placer, en justifiant, les points 3 et 4 représentant respectivement les états de l'eau à l'entrée et à la sortie de la cuve.

c) Le pressuriseur contient un mélange d'eau liquide et d'eau vapeur. Placer, en justifiant, le point M représentant l'état de l'eau du pressuriseur sur le même diagramme. En déduire la température qui y règne.

2 - Dans les conditions où elle circule dans la cuve, la capacité thermique massique de l'eau est $c' = 5,8 \text{ kJ.kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$. Calculer la variation d'enthalpie massique de l'eau entre l'entrée et la sortie de la cuve du réacteur.

3 - Calculer la valeur du débit massique D_m d'eau nécessaire dans le réacteur pour évacuer une puissance thermique P_f de 2800 MW fournie par la fission.

II - Détente de la vapeur dans la turbine.

1 - A l'admission dans la turbine, la vapeur est saturante - sèche. Sa pression est $p_5 = 50$ bars, sa température t_5 .

On suppose que la détente dans la turbine se fait de façon isentropique. A la sortie, la pression p_6 vaut 10 bars et la température est t_6 .

Place, sur le diagramme entropique de l'eau (annexe 2 à rendre avec la copie) les points 5 et 6 en justifiant leurs positions.

Utiliser le diagramme pour déterminer

- les valeurs de t_5 et t_6
- l'état de l'eau à la sortie de la turbine.

2 - On veut déterminer la température $t_{5'}$ jusqu'à laquelle il faudrait surchauffer la vapeur, sous la pression p_5 , pour que, après détente isentropique dans la turbine de la pression p_5 à la pression p_6 , cette vapeur soit saturante sèche (état 6').

- a) Placer sur le diagramme, en justifiant, les points 5' et 6'. En déduire la valeur de la température $t_{5'}$.
- b) En considérant que la vapeur entre les états 5' et 6' se comporte comme un gaz parfait pour lequel $\gamma = 1,3$, calculer la valeur de $t_{5'}$. Comparer avec la valeur lue sur le diagramme.

III - Etude générale du rendement.

La centrale (sans l'alternateur) peut être considérée comme un moteur thermique où l'eau décrit un cycle entre deux sources (figure 2)

La source chaude T_1 qui est le cœur du réacteur, de température constante $t_1 = 325^\circ\text{C}$.

La source froide T_2 qui est un réfrigérant de température constante $t_2 = 15^\circ\text{C}$.

L'eau échange un travail total W avec les parties mobiles du système.

Selon la convention habituelle, les énergies sont comptées positivement quand le système considéré les reçoit.

1 - Préciser les signes des chaleurs Q_1 et Q_2 que l'eau échange avec les sources et le signe du travail W .

2 - Donner la définition du rendement thermodynamique r du cycle en fonction de W et de l'une des chaleurs et trouver son expression, en fonction de Q_1 et Q_2 .

3 - En fonctionnement réel, le rendement vaut $r = 0,33$. Le travail total échangé avec les parties mobiles pendant chaque seconde est égal, en valeur absolue, à la puissance électrique de la centrale, soit 925 MW.

a) Calculer la valeur de la puissance thermique P_1 échangée par le fluide avec la source chaude, cœur du réacteur.

b) Calculer la valeur de la puissance thermique P_2 échangée par le fluide avec la source froide.

Le réfrigérant est l'eau d'un fleuve. Sa température n'est qu'en moyenne égale à 15°C . Calculer la valeur du débit massique D_m dans le circuit de refroidissement quand la température de l'eau du fleuve augmente de 10°C entre l'entrée et la sortie.

On donne : capacité thermique massique de l'eau au voisinage de 15°C : $c = 4,18 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$

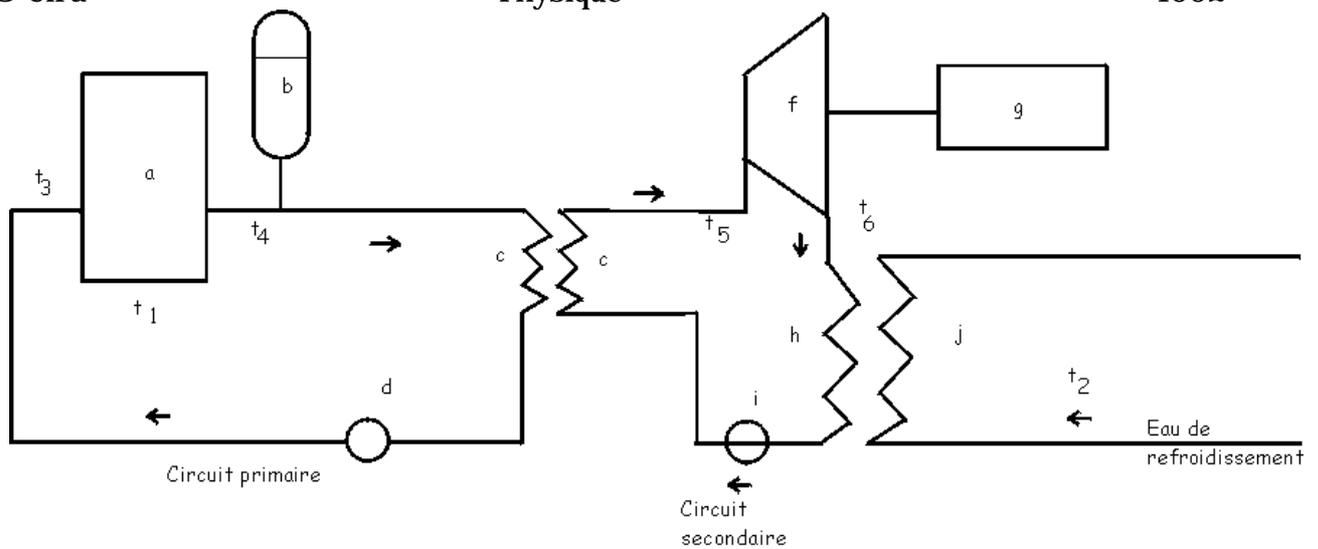


Figure 1

Circuit primaire

- a : cuve du réacteur = source chaude Σ_1
- b : pressuriseur
- c : générateur de vapeur (branche du circuit primaire)
- d : motopompe primaire de circulation d'eau liquide

Circuit secondaire :

- e : générateur de vapeur (branche du circuit secondaire)
- f : turbine
- g : alternateur
- h : condenseur
- i : motopompe secondaire de circulation d'eau liquide
- j : circuit du réfrigérant : source froide Σ_2

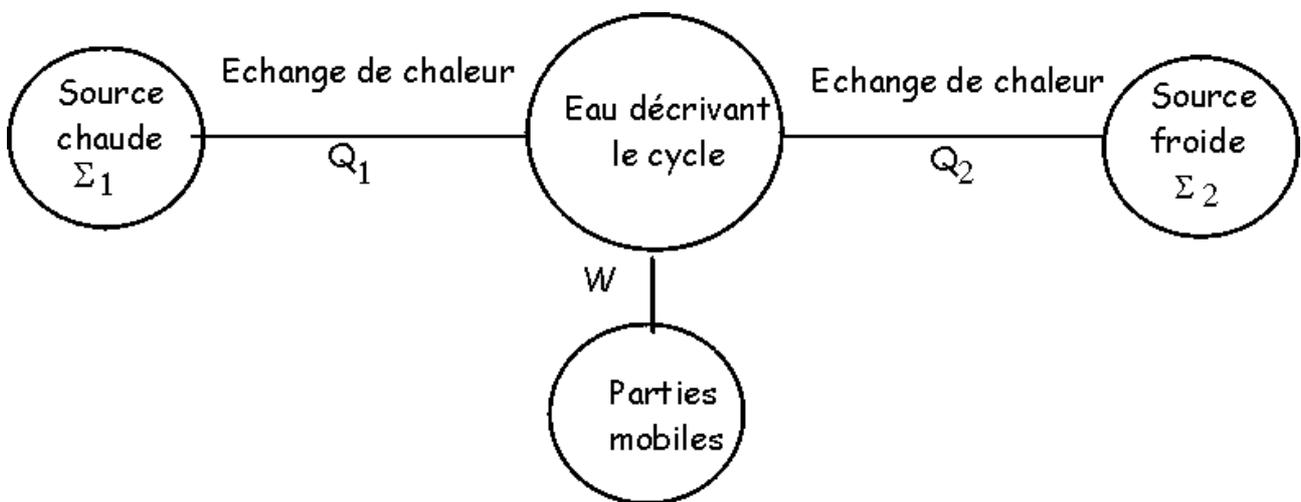
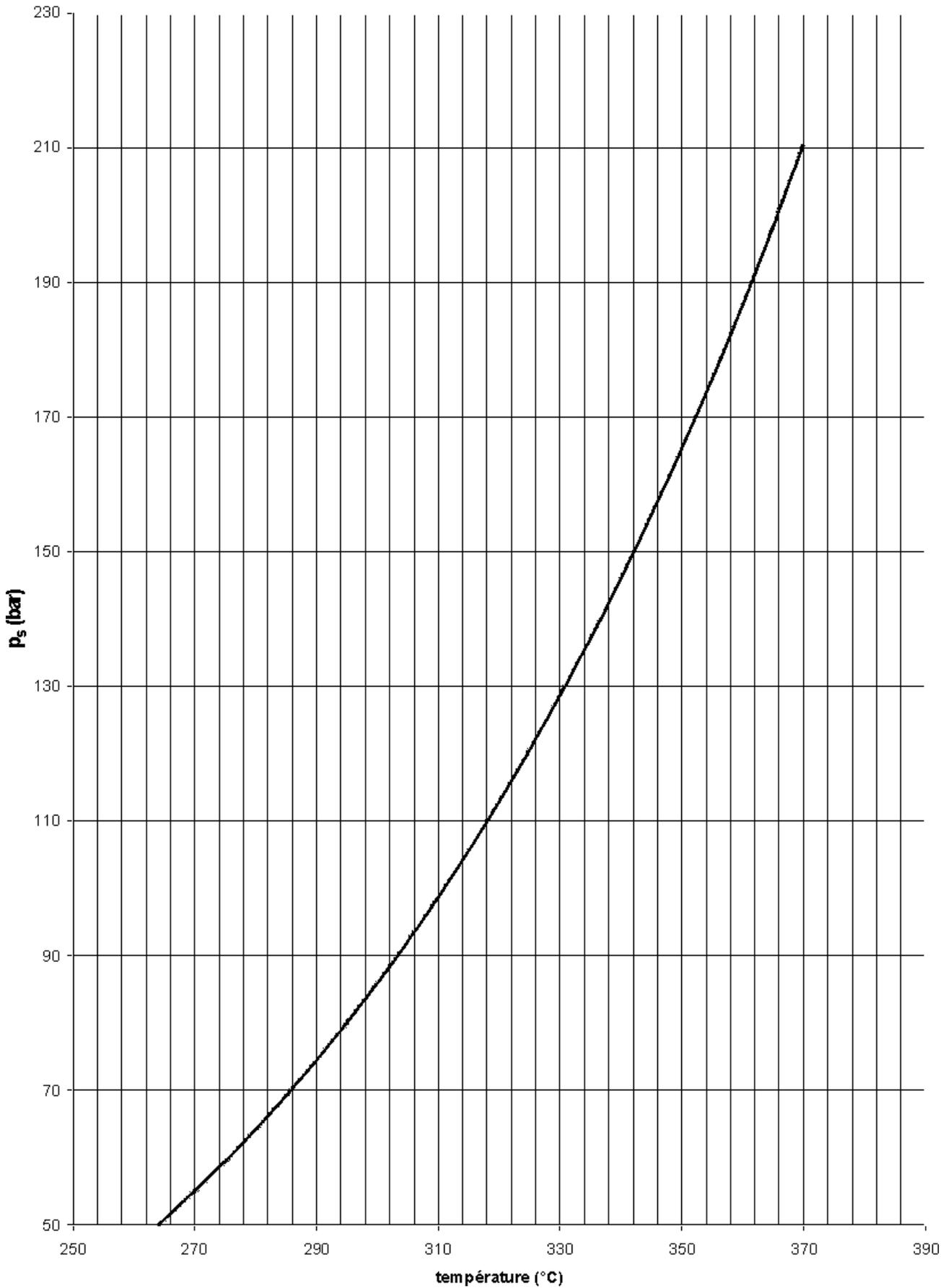


Figure 2



Annexe 2

Diagramme entropique de l'eau

