

SCIENCES PHYSIQUES

- La clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviendront pour une part importante dans l'appréciation des copies.
- Conformément aux dispositions de la circulaire n° 99-018 du 01/02/1999, l'usage de la calculatrice est autorisé.

A : MECANIQUE DES FLUIDES ET THERMODYNAMIQUE (10 points)

On se propose d'étudier le circuit primaire de la centrale nucléaire de Nogent-sur-Seine.

De l'eau sous pression circule dans ce circuit en parcours fermé (voir Figure 1). Elle s'échauffe lors de son passage dans le cœur du réacteur grâce à l'énergie produite par les éléments combustibles. Cette énergie calorifique, transportée par l'eau sous pression, est utilisée, via l'échangeur, par le circuit secondaire (non représenté) pour produire de l'énergie électrique.

Pour l'étude qui suit, on considère que tous les points du circuit primaire sont à la même altitude.

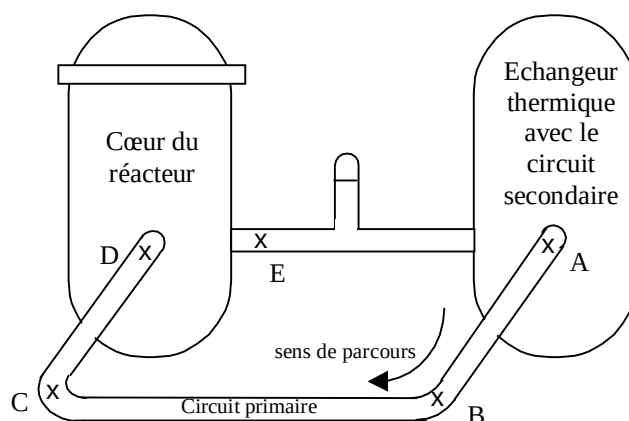


Figure 1 : circuit primaire

Données numériques :

- Débit massique de l'eau : $Q_m = 13,2 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$.
- Diamètre de la conduite du circuit primaire : $D = 600 \text{ mm}$.
- Longueurs de la conduite : $l_{AB} = l_{CD} = 2,0 \text{ m}$; $l_{BC} = 5,0 \text{ m}$ et chaque coude, en B et C, équivaut pour les pertes de charges à une longueur supplémentaire de $1,0 \text{ m}$.
- Masse volumique de l'eau : $\rho_{\text{eau}} = 1,0 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.
- Viscosité cinématique de l'eau : $\nu = 5,0 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$.
- Température de l'eau à l'entrée du cœur (point D) : $\theta_e = 286 \text{ }^\circ \text{C}$.
- Température de l'eau à la sortie du cœur (point E) : $\theta_s = 323 \text{ }^\circ \text{C}$.
- Capacité thermique de l'eau : $c = 4,18 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.
- Puissance électrique nette produite par la centrale : $P_{\text{élec}} = 920 \text{ MW}$.

Formulaire de mécanique des fluides :

Nombre de Reynolds $R_e = \frac{vD}{\nu}$.

Coefficient de pertes de charges linéaires λ :

$R_e < 3000$	Ecoulement laminaire	$\lambda = \frac{64}{R_e}$
$3000 < R < 10^5$	Ecoulement turbulent lisse	$\lambda = (100 R_e)^{-0,25}$
$R_e > 10^5$	Ecoulement turbulent rugueux	$\lambda = 3,5.10^{-2}$, indépendant de R_e

Pertes de charges linéaires en $J.kg^{-1}$: $J = -\frac{\lambda v^2 l}{2D}$.

Équation de Bernoulli avec pertes de charges et échange de travail pour une masse unitaire $m = 1 \text{ kg}$:

$$W_{12} + J_{12} = (v_2^2 - v_1^2) / 2 + (P_2 - P_1) / \rho + g (z_2 - z_1).$$

I - Étude du circuit primaire

I-1 - Calculer le débit volumique Q_v de l'eau dans le circuit primaire.

I-2 - Montrer que la vitesse de l'eau dans la conduite ABCD est $v = 46,7 \text{ m.s}^{-1}$.

I-3 - Calculer le nombre de Reynolds dans cette conduite. En déduire le type d'écoulement.

I-4 - Que vaut le coefficient de pertes de charges linéaires λ dans la conduite.

I-5 - Calculer les pertes de charges linéaires J_{AD} dans la conduite entre les points A et D. En déduire la variation de pression $\Delta P = P_D - P_A$ correspondante.

II - Étude thermodynamique

II-1 - Quelle est la quantité de chaleur Q reçue en une seconde par l'eau du circuit primaire dans le cœur du réacteur ?

II-2 - En déduire la puissance thermique moyenne P reçue par l'eau du circuit primaire, c'est-à-dire la quantité de chaleur qu'elle reçoit par seconde ?

On exprimera le résultat en MW.

II-3 - En déduire le rendement η de la centrale nucléaire.

B : ELECTROTECHNIQUE (6 points)

Le dispositif de filtration de l'eau d'une piscine domestique comporte un filtre, des canalisations et une pompe entraînée par un moteur électrique. On s'intéresse au moteur d'entraînement et à sa protection électrique.

L'ensemble filtre et canalisations occasionne des pertes de charges totales équivalentes à une hauteur d'eau $H = 15$ m. Le débit D de l'eau doit être de $10 \text{ m}^3/\text{heure}$. La **figure 2**, sur le document Annexe à rendre avec la copie, indique les caractéristiques de trois pompes, en fonction des pertes de charges totales H et du débit D .

1 - Placer le point de fonctionnement de la pompe évoquée ci-dessus sur **figure 2**, et en déduire le type de pompe à choisir.

Les pompes sont associées à des moteurs dont les caractéristiques nominales sont indiquées dans le tableau suivant telles qu'on peut les lire sur les plaques signalétiques.

2 pôles, 50 Hz, $n_n = 2800 \text{ tr/min}$, triphasé 230 V / 400 V, $\cos\phi = 0,8$			
	Couplage Triangle	Couplage Etoile	Puissance utile P_u
Pompe type 1	2,3 A	1,3 A	0,37 kW
Pompe type 2	3,0 A	1,7 A	0,55 kW
Pompe type 3	5,0 A	2,9 A	1,1 kW

2 - S'agit-il de moteurs à courant continu, de moteurs synchrones ou de moteurs asynchrones ? Justifier.

3 - On dispose d'une alimentation électrique triphasée 230 V / 400 V. Indiquer le couplage des enroulements du stator.

4 - Calculer la puissance absorbée P_{abs} par le moteur associé à la pompe choisie à la **question 1**.

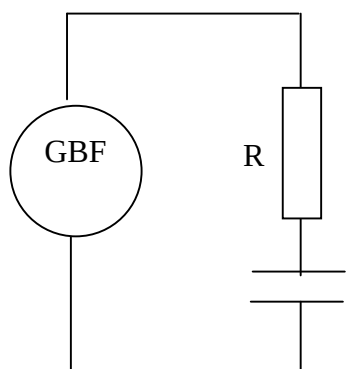
5 - Calculer le rendement nominal η de ce moteur.

6 - Définir et calculer son glissement nominal g .

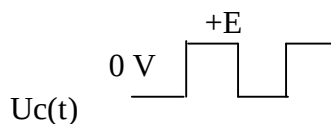
7 - La protection électrique du moteur est réalisée par des fusibles « accompagnement moteur » (un par phase). Faire le choix du calibre parmi les valeurs suivantes : 2A, 4A, 8A, 16A. Justifier.

8 - Une autre solution de protection consiste à utiliser un disjoncteur différentiel 10 A / 30 mA associé à une prise de terre. Indiquer précisément ce que signifient les valeurs 10 A et 30 mA.

C : ELECTROCINETIQUE (4 points)

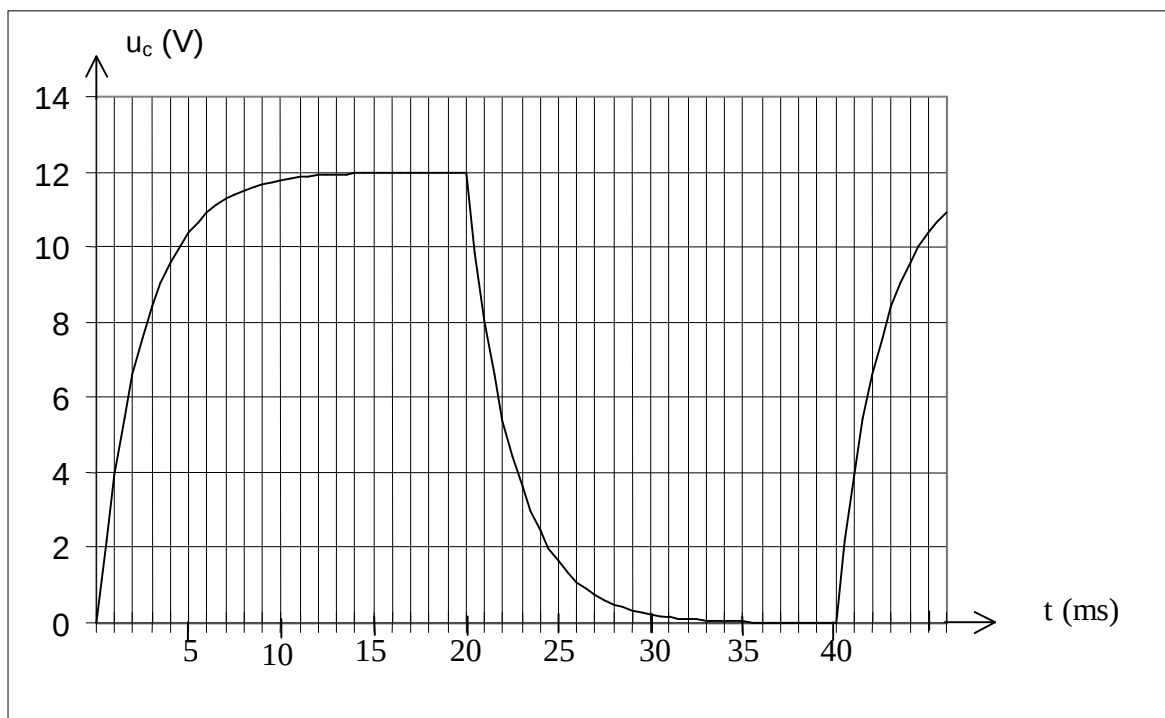


Un circuit RC est alimenté à travers un générateur de tension basse fréquence délivrant un signal en créneaux (cf. schéma).



La courbe ci-dessous représente l'évolution de la tension $u_c(t)$ aux bornes du condensateur de capacité C lors de ses charges et décharges successives à travers la résistance R . Ce dispositif est utilisé dans certains dispositifs d'allumage électronique (type CDI) de moteurs thermiques.

L'échelle verticale est graduée en V, l'échelle horizontale en ms.



A partir de cette courbe :

- 1 - Déterminer la tension de charge E du condensateur en régime permanent.
- 2 - Déterminer et calculer la constante de temps τ du circuit RC.
- 3 - Le condensateur ayant une capacité $C = 1 \mu\text{F}$, en déduire la valeur de la résistance R .
- 4 - Quelles sont la période T et la fréquence N du cycle de charge-décharge du condensateur.

ANNEXE

DOCUMENT A RENDRE AVEC LA COPIE

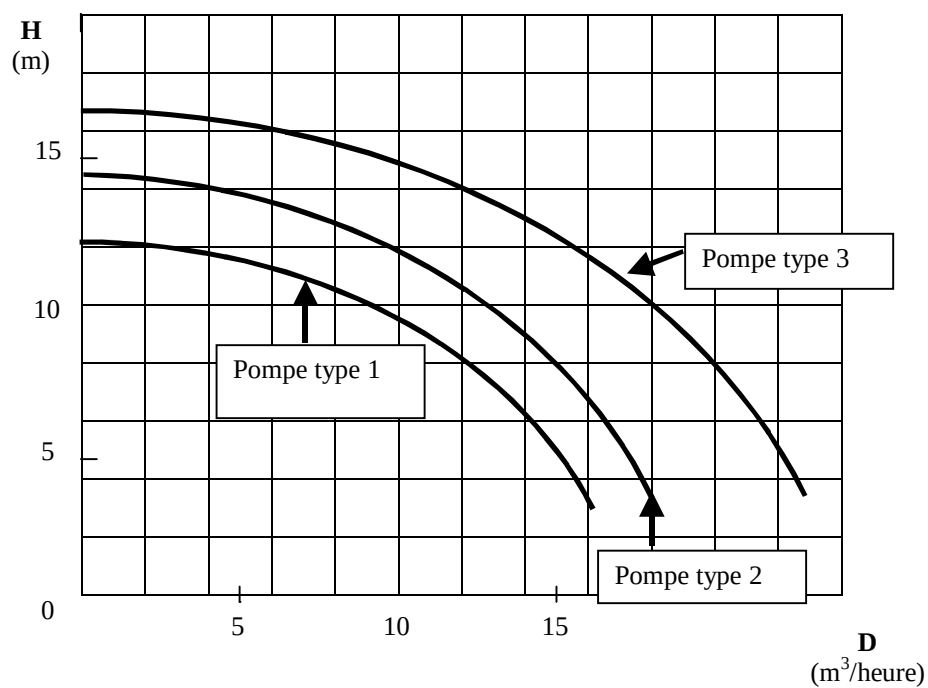


Figure 2 : Caractéristiques des pompes