

# BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

## RÉALISATION D'OUVRAGES CHAUDRONNÉS

### SCIENCES PHYSIQUES

**L'usage de la calculatrice est autorisé.**

*Le matériel autorisé comprend toutes les calculatrices de poche y compris les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante, conformément à la circulaire n° 99-018 du 01/02/1999.*

- Le candidat n'utilise qu'une seule machine sur la table. Toutefois, si celle-ci vient à connaître une défaillance, il peut la remplacer par une autre.*
- Afin de prévenir les risques de fraude, sont interdits les échanges de machines entre les candidats, la consultation des notices fournies par les constructeurs ainsi que les échanges d'informations par l'intermédiaire des fonctions de transmission des calculatrices.*

## SCIENCES PHYSIQUES

- La clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviendront pour une part importante dans l'appréciation des copies.
- Les différentes parties du sujet sont indépendantes.

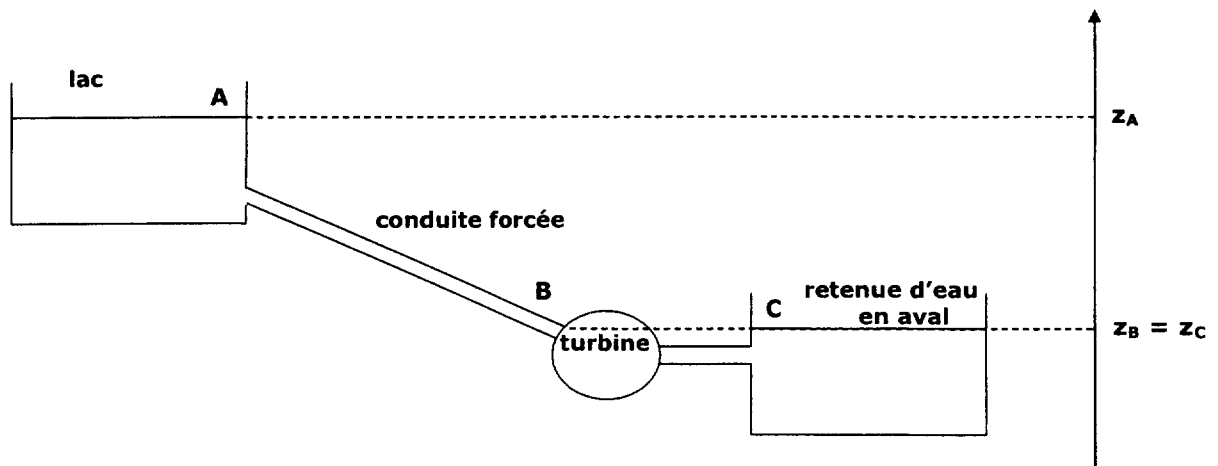
Une entreprise souhaite alimenter électriquement une usine isolée à l'aide d'un petit barrage hydroélectrique. Pour cela, elle veut utiliser l'eau contenue dans un lac.

L'eau du lac est amenée par l'intermédiaire d'une conduite forcée à une centrale de production qui contient une turbine et un alternateur.

### PROBLÈME 1 : MÉCANIQUE DES FLUIDES (8 points)

Le barrage hydroélectrique de petite capacité est de type moyenne chute (chute inférieure à 400 m). Il est constitué par une retenue d'eau en amont (le lac), une conduite forcée de diamètre  $d = 100$  cm, une turbine et une retenue d'eau en aval.

Quand la turbine fonctionne, on considère l'écoulement comme permanent et on sait que le débit volumique dans la conduite forcée est  $q_v = 2,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ .



#### Données :

- Pression atmosphérique :  $P_{\text{atm}} = 1,00 \times 10^5 \text{ Pa}$ .
- Altitudes des points :  $z_A = 750 \text{ m}$  ;  $z_B = z_C = 600 \text{ m}$ .
- Pression au point B :  $P_B = 5,00 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ .
- Masse volumique de l'eau :  $\rho_{\text{eau}} = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ .
- Intensité de pesanteur :  $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ .
- Viscosité cinématique de l'eau :  $\nu = 1,00 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \cdot \text{s}$ .
- Relation de Bernoulli :  $\left( \frac{P_2 - P_1}{\rho} \right) + g \cdot (z_2 - z_1) + \frac{1}{2} \cdot (v_2^2 - v_1^2) = W_{12} + J_{12}$ .  
avec  $W_{12}$  énergie mécanique fournie par 1 kg d'eau à la turbine.  
 $J_{12}$  pertes de charge entre (1) et (2)  $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$ .
- Nombre de Reynolds :  $R = \frac{v \cdot d}{\nu}$ .  
avec  $R \leq 2000$  écoulement laminaire.  
 $2000 < R < 40000$  écoulement turbulent lisse.  
 $R \geq 40000$  écoulement turbulent rugueux.

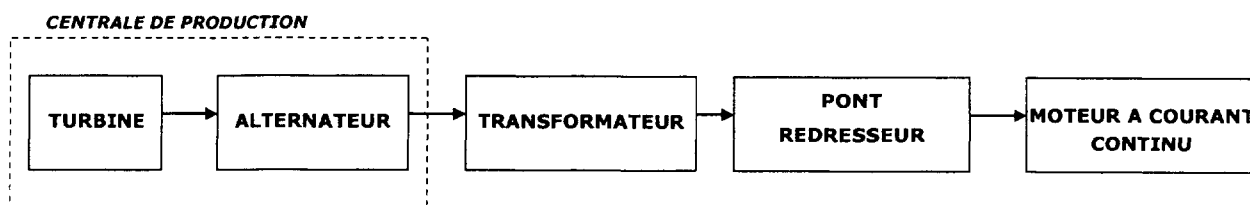
- 1 - Donner les valeurs des pressions  $P_A$  au point A et  $P_C$  au point C. Justifier votre réponse.
- 2 -
  - 2.1 - Donner l'expression littérale de  $v_B$ , vitesse d'écoulement de l'eau dans la conduite forcée.
  - 2.2 - Montrer que  $v_B = 3,18 \text{ m.s}^{-1}$ .
- 3 - Calculer le nombre de Reynolds pour l'écoulement de l'eau dans la conduite forcée. En déduire le régime de l'écoulement.
- 4 - En utilisant la relation de Bernoulli entre les points A et B, calculer les pertes de charge  $J_{AB}$  dans la conduite forcée en supposant que la vitesse  $v_A$  de l'eau en A est nulle.
- 5 - On veut maintenant calculer la puissance  $\mathcal{P}$  échangée entre l'eau et la turbine.
  - 5.1 - En utilisant la relation de Bernoulli appliquée entre les points B et C, en supposant qu'il n'y a pas de pertes de charges ( $J_{BC} = 0$ ) lors de cet échange et que la vitesse  $v_C$  de l'eau en C est nulle, calculer l'énergie échangée entre 1 kg d'eau et la turbine notée  $W_{BC}$ .
  - 5.2 - Expliquer pourquoi la valeur d'énergie obtenue est négative.
  - 5.3 - Calculer la valeur de la puissance  $\mathcal{P}$  de la turbine.

## PROBLÈME 2 : CHAÎNE D'ALIMENTATION D'UN MOTEUR (12 points)

La centrale de production du barrage comporte la turbine et l'alternateur.

On souhaite utiliser l'énergie électrique produite pour alimenter, entre autre, un moteur à courant continu. Pour cela, on doit utiliser un transformateur et un pont redresseur.

La chaîne d'alimentation du moteur à courant continu est la suivante :



### 1 - L'alternateur

La puissance utile de la turbine  $P_{U,t}$  est de 1 MW et l'alternateur a un rendement  $\eta$  de 90 %.

- 1.1 - Quelle conversion d'énergie réalise un alternateur ?
- 1.2 - Calculer la puissance utile  $P_{U,a}$  de l'alternateur.
- 1.3 - Calculer la puissance perdue  $P_p$  dans l'alternateur.
- 1.4 - L'alternateur possède 12 paires de pôles et fournit des tensions sinusoïdales de fréquence 50 Hz. Calculer la vitesse de rotation de l'alternateur en  $\text{tr.min}^{-1}$ .

### 2 - Le transformateur

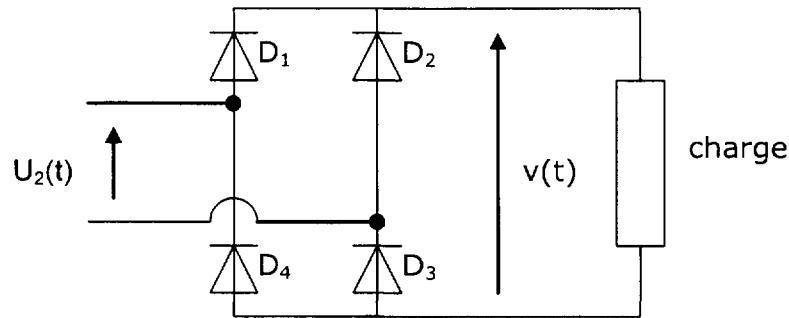
Le transformateur a les caractéristiques suivantes :

- valeur efficace de la tension au primaire :  $U_1 = 1,15 \text{ kV}$  ;
- nombre de spires au primaire :  $N_1 = 100$  spires ;
- nombre de spires au secondaire :  $N_2 = 20$  spires.

- 2.1 - Calculer le rapport de transformation  $m$  du transformateur.
- 2.2 - Calculer la valeur efficace  $U_2$  de la tension au secondaire.
- 2.3 - Le transformateur est-il élévateur, abaisseur ou d'isolement ?

### 3 - Le pont redresseur

Le secondaire du transformateur alimente un pont redresseur dont le schéma de principe est le suivant :



La tension  $u_2(t)$  appliquée à l'entrée du pont est de la forme :  $u_2(t) = 230 \sqrt{2} \cdot \sin 100\pi t$ .

- 3.1 - Quelle est le type de conversion réalisé par le pont redresseur ?
- 3.2 - Dessiner, sur le papier millimétré fourni, les tensions  $u_2(t)$  et  $v(t)$  en concordance de temps en utilisant les échelles suivantes :  $1 \text{ cm} \rightarrow 100 \text{ V}$  ;  $1 \text{ cm} \rightarrow 2,5 \text{ ms}$ .
- 3.3 - On veut lisser le courant  $i(t)$  dans la charge. Quel composant doit-on ajouter dans le circuit ?

### 4 - Le moteur à courant continu

La plaque signalétique d'un moteur à courant continu à aimants permanents est la suivante :  
 $P = 3 \text{ kW}$  ;  $n_N = 1500 \text{ t/min}$  ;  $U_N = 220 \text{ V}$  ;  $I_N = 18 \text{ A}$ .

La résistance de l'induit du moteur vaut  $R = 0,5 \Omega$ .

- 4.1 - Représenter le modèle équivalent du moteur. Flécher et nommer les différentes grandeurs électriques.
- 4.2 - En fonctionnement nominal, calculer :
  - 4.2.1 - la valeur de la fém  $E_N$  du moteur,
  - 4.2.2 - la puissance absorbée  $P_{AN}$ ,
  - 4.2.3 - le rendement du moteur  $\eta_N$ .
- 4.3 - Justifier que l'on peut écrire que :  $E = k \cdot n$ .  
Calculer la valeur de la constante  $k$  quand  $E$  est en V et  $n$  en t/min.
- 4.4 - Quand le moteur est relié à la sortie du pont redresseur, la tension d'alimentation du moteur est  $U = 207 \text{ V}$  avec  $I = 16 \text{ A}$ .  
Pour ce fonctionnement, calculer :
  - 4.4.1 - la valeur de la fém  $E$ ,
  - 4.4.2 - la fréquence de rotation  $n$  du moteur en t/min.