

BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR

PRODUCTIQUE BOIS

SESSION 2008

EPREUVE DE SCIENCES PHYSIQUES

Durée : 2 heures - coefficient : 1,5

Le sujet comprend 6 pages, numérotées de 1 à 6
Les deux problèmes sont indépendants

*La clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction
interviendront pour une part importante dans l'appréciation des
copies. L'usage de la calculatrice est autorisé.*

CODE : PBABSC

Problème 1. Alimentation électrique d'une usine

Un fournisseur d'énergie électrique est démarché pour alimenter une importante usine de transformation du bois à partir d'une ligne de 50 km de long. Afin d'ajuster au plus juste le prix de revient de l'énergie électrique, le fournisseur effectue une étude théorique dans le but d'estimer la valeur des pertes électriques en ligne. Le coût de production est tel que chaque kWh produit revient à 0,0288 € au départ de l'usine électrique.

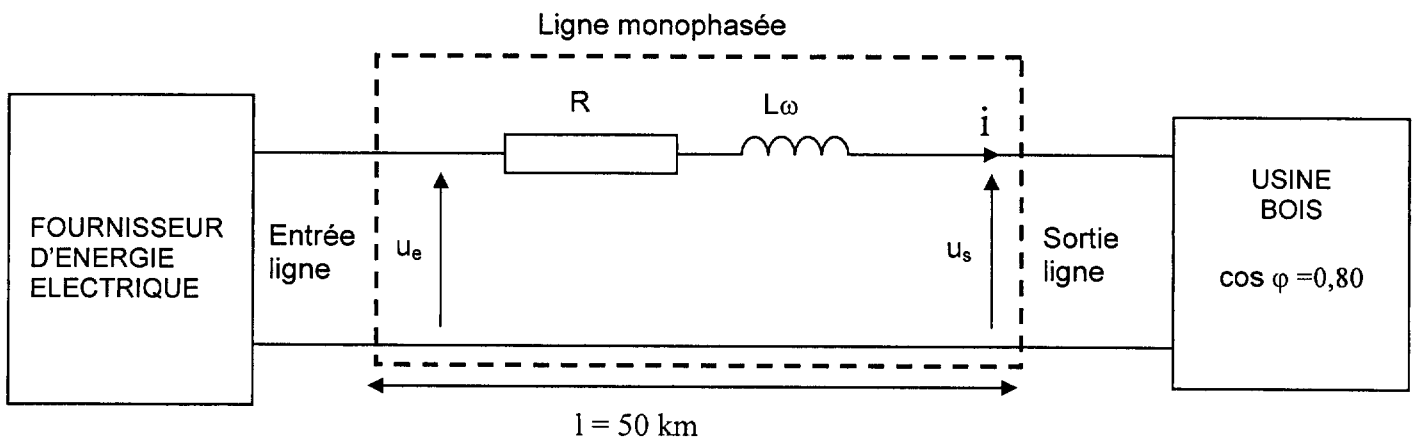
Pour des raisons pratiques, cette étude est menée en régime monophasé. L'usine est alimentée sous une tension u de valeur efficace $U = 20,0$ kV et de fréquence 50 Hz. L'intensité du courant de ligne consommé par l'usine a une valeur efficace $I = 350$ A en fonctionnement nominal.

La ligne est composée de deux câbles de section $S = 500$ mm².

1. Etude simplifiée de la ligne d'alimentation.

Le modèle électrique équivalent d'une phase est représenté ci-dessous. R représente la résistance de la ligne, L l'inductance (liée aux phénomènes magnétiques).

On note i , l'intensité du courant dans la ligne, u_e et u_s les tensions d'entrée et de sortie de ligne. Les valeurs efficaces de ces grandeurs sont notées respectivement I , U_e et U_s .



- 1.1 En utilisant le tableau donné en annexes, calculer la valeur de la résistance de chacun des conducteurs de la ligne. En déduire que la résistance R de la ligne ramenée sur un seul conducteur est $R = 6 \Omega$.
- 1.2 A l'aide du tableau donné en annexes, montrer que la réactance de la ligne vaut $L\omega = 20 \Omega$.
- 1.3 Calculer les puissances active P_s et réactive Q_s reçues par l'usine.
- 1.4 Calculer la valeur la puissance perdue par effet Joule dans la ligne d'alimentation.
- 1.5 Calculer la puissance réactive absorbée par la réactance de la ligne.
- 1.6 En déduire les puissances actives P_e et réactives Q_e fournies par le producteur à l'entrée de la ligne.
- 1.7 En déduire le rendement en puissance de la ligne.
- 1.8 Calculer la puissance apparente S_e fournie à la ligne. En déduire le facteur de puissance de l'ensemble {ligne + usine}.
- 1.9 En déduire la valeur efficace U_e de la tension à l'entrée de la ligne.
- 1.10 En déduire la chute de tension en ligne $\Delta U = U_e - U_s$. Commenter ce résultat.

2. Etude financière.

On souhaite calculer un prix de revient qui tienne compte des pertes en ligne pour une production de 100 000 kWh et un rendement de ligne de 85%.

- 2.1 Calculer le coût de production pour l'usine de production d'électricité.
- 2.2 Calculer la quantité d'énergie électrique effectivement reçue par l'usine de transformation du bois.
- 2.3 Calculer le montant de la facture que l'usine de transformation du bois doit effectivement régler pour prendre en compte le coût des pertes en ligne. En déduire le prix du kWh d'énergie électrique appliqué.

*avec la puissance
0,95 * 5,60 MW = 5,32 MW*

3. Relèvement du facteur de puissance

Après discussion avec son fournisseur d'énergie électrique, l'industriel du bois décide de relever le facteur de son entreprise à 0,95 la puissance moyenne consommée étant de 5,60 MW.

- 3.1 Calculer la valeur efficace de l'intensité du courant absorbé par l'usine de transformation du bois dans ces conditions.
- 3.2 En déduire la puissance perdue par effet Joule dans la ligne.
- 3.3 Montrer que le rendement de la ligne est alors proche de 91,5 %.
- 3.4 Montrer que le prix du kWh d'énergie peut diminuer à la valeur de 0,0315 €.
- 3.5 En déduire le montant des économies réalisées pour une consommation de 100 000 kWh.

Problème 2. Stockage d'énergie

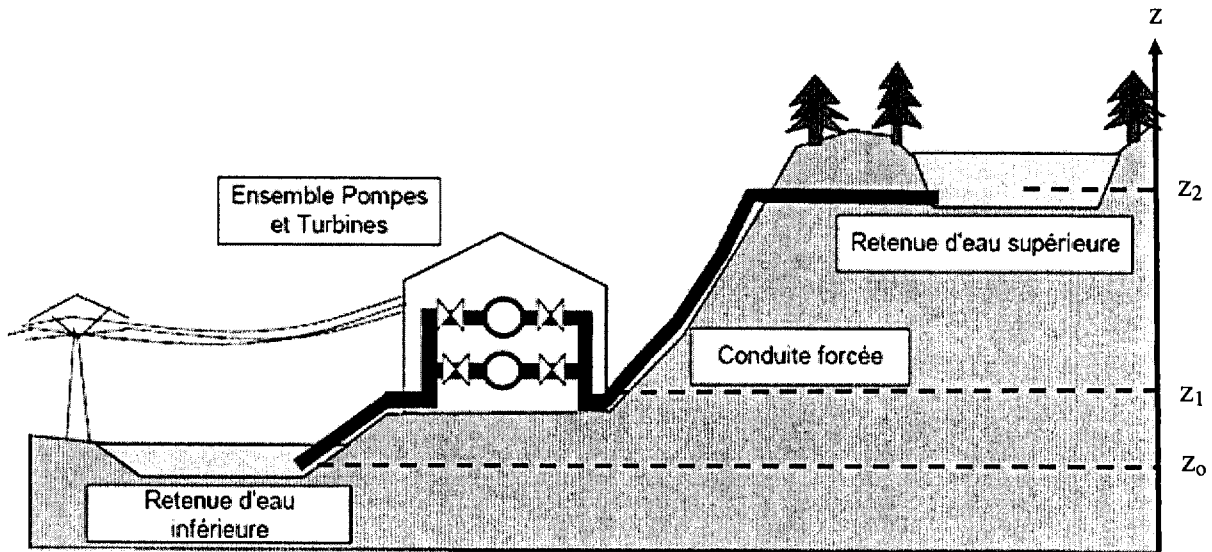
Le **stockage de l'énergie** consiste à mettre en réserve une quantité d'énergie pour permettre son utilisation ultérieure.

L'opération de stockage d'énergie est toujours associée à l'opération inverse consistant à récupérer l'énergie stockée (le *déstockage*). Ces deux opérations de stockage/déstockage constituent un *cycle de stockage*.

Il existe différents modes de stockage d'énergie ; nous nous limiterons ici à l'étude d'un type de stockage : le stockage gravitaire

Dans toutes les questions, on s'attachera à mener des calculs sous forme littérale en donnant les explications nécessaires; on fera ensuite les applications numériques sans oublier de préciser les unités.

Les centrales de pompage-turbinage (STEP) utilisent un réservoir d'eau amont et un réservoir d'eau aval entre lesquels l'eau est pompée vers l'amont en période de basse consommation et/ou quand l'électricité est peu chère (phase de stockage) et turbinée en aval en période de pointe de consommation pour produire de l'électricité (phase de déstockage)



L'expression de la variation d'énergie potentielle d'un système est donné **en annexe**.

Une usine hydroélectrique située à l'altitude $z_1 = 1000$ m est alimentée via une conduite forcée par la retenue d'eau supérieure située à l'altitude moyenne $z_2 = 1120$ m. Le débit volumique moyen D de l'eau actionnant les turbines couplées aux génératrices d'énergie électrique vaut $D = 10 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

La masse volumique de l'eau vaut $\rho = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$; on prendra $g = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

PARTIE 1 : DESTOCKAGE.

- 1.1 Calculer la masse M d'eau arrivant à l'usine hydroélectrique en 1 seconde.
- 1.2 Vérifier que la masse M_j d'eau correspondant à une durée de déstockage quotidienne de 2 fois 2 heures en vue de produire de l'énergie électrique aux moments de forte demande est égale à $1,44 \cdot 10^9$ kg.
- 1.3 Calculer la variation d'énergie potentielle $\Delta W_{P,M_j}$ de la masse M_j d'eau lorsque celle-ci passe de la retenue supérieure à l'usine électrique.

La variation d'énergie potentielle est transformée au niveau de l'ensemble { turbine, groupe électrique } en énergie électrique avec un rendement de 75 %.

- 1.4 Que vaut alors la quantité d'énergie électrique totale W_E produite en 4 heures. Exprimer ce résultat en kWh.
- 1.5 L'exploitant privé revend à EDF cette énergie renouvelable produite en 4 heures à raison de 0,30 €/kWh.

Quel est le revenu quotidien (hors autres charges d'exploitation) en € correspondant à 4 heures de fonctionnement (2 fois 2 heures en continu) de cette exploitation ? En déduire le revenu mensuel (un mois = 30 jours).

- 1.6 Si l'énergie équivalente « stockée » par un kilogramme de pétrole vaut sensiblement $W_{\text{petr}} = 11,6 \text{ kWh.kg}^{-1}$, quel volume de pétrole cette centrale hydraulique permet-elle d'économiser par jour ? Commentez.

Donnée : la masse volumique ρ_{petr} du pétrole vaut : 0,84 kg. L⁻¹

PARTIE 2 : STOCKAGE.

Pendant la nuit, des groupes { moteurs – pompes } remontent l'eau de la réserve inférieure vers la réserve supérieure.

- 2.1 Quel doit être le débit volumique D_v des pompes pour refouler en 8 heures dans la réserve supérieure la totalité de la masse M_j d'eau déstockée pendant la journée en 4 heures de turbinage.
- 2.2 Sachant que la réserve d'eau inférieure se situe à une altitude moyenne z_0 de 980 m, quelle est alors la variation d'énergie potentielle de pesanteur, $\Delta W'_{P,Mj}$ de cette quantité d'eau re-stockée dans la réserve supérieure?

Le rendement global de la chaîne énergétique de stockage (énergie stockée/ énergie électrique absorbée par le pompage) vaut 90 %.

- 2.3 Calculer la quantité d'énergie électrique W_{ES} nécessaire au stockage de l'eau en une journée. Exprimer le résultat en kWh.
- 2.4 Quel est, par jour, le coût en euros du stockage si EDF fournit à l'exploitant l'énergie électrique nécessaire à cette opération au prix de 3 centimes d'€/kWh ?

PARTIE 3 : BILANS ENERGETIQUE ET ECONOMIQUE.

On s'intéresse au cycle de stockage / déstockage.

- 3.1. Calculer le rendement global de la chaîne énergétique stockage – déstockage,
 $\eta = W_E / W_{ES}$.
- 3.2 Quel est le bilan économique $r_e = \text{revenu} / \text{coût}$, hors charges d'exploitation, d'un cycle journalier pour l'exploitant privé ? Commentez.
- 3.3 Quel est le bénéfice net mensuel de son usine de production d'énergie si on estime que les autres charges d'exploitation (frais de maintenance et de personnel) s'élèvent au total à 20 % du bénéfice brut ?
- 3.4 Pourrait-on envisager d'améliorer le bilan économique du cycle ? Si oui, par quelle(s) solution(s) technologiques ?

ANNEXES

Annexe problème 1

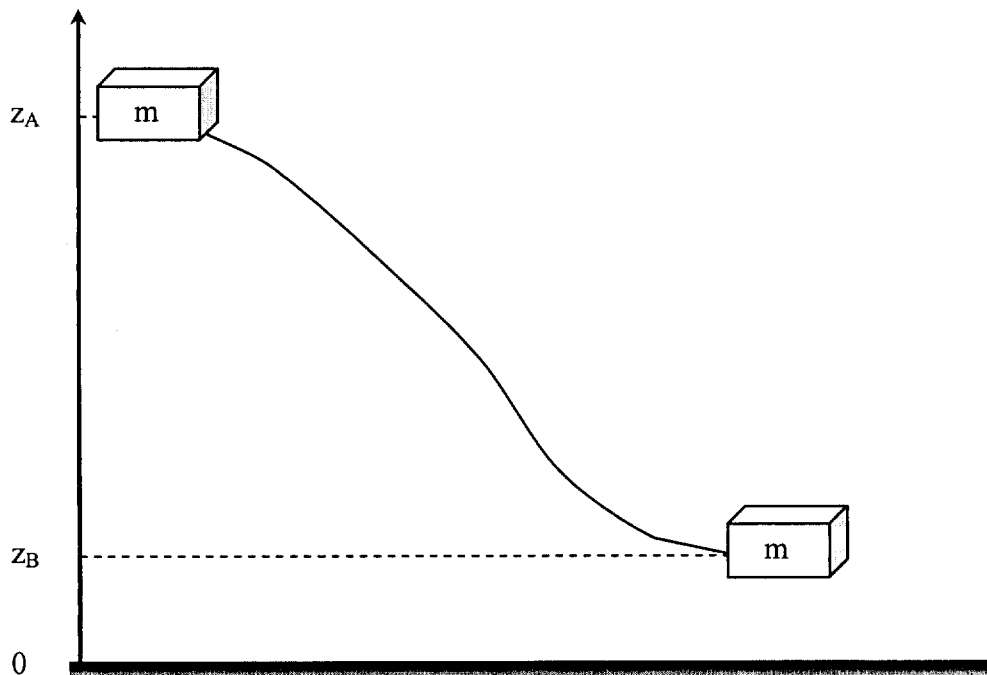
Tableau de données .

| | | | | |
|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|
| Type de ligne | 100 mm ² | 250 mm ² | 500 mm ² | 1000 mm ² |
| Résistance Ω/km | 1,50 | 0,240 | 0,060 | 0,015 |
| Réactance Ω/km | 0,2 Ω/km | 0,2 Ω/km | 0,2 Ω/km | 0,2 Ω/km |
| Masse linéique kg/km | 300 | 750 | 1500 | 3000 |

Rappels de cours :

Puissance réactive reçue par une bobine d'inductance L traversée par un courant sinusoïdal d'intensité efficace I : $Q_L = L\omega I^2$

Puissance réactive par un condensateur de capacité C soumis à une tension sinusoïdale de valeur efficace U : $Q_C = -U^2/(C\omega)$

Annexe problème 2

La variation d'énergie potentielle W_P d'un système de masse m passant d'une altitude z_A à une altitude z_B est donnée par la relation : $\Delta W_P = m \cdot g \cdot (z_B - z_A)$ avec :

- m la masse du système exprimée en **kg**,
- g l'accélération de la pesanteur exprimée en **m.s⁻²**,
- z_A et z_B les altitudes exprimées en **m**.