

BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR

SYSTEMES CONSTRUCTIFS **BOIS ET HABITAT**

SESSION 2008

EPREUVE DE SCIENCES PHYSIQUES
Durée : 1 heure 30 min - coefficient : 1,5

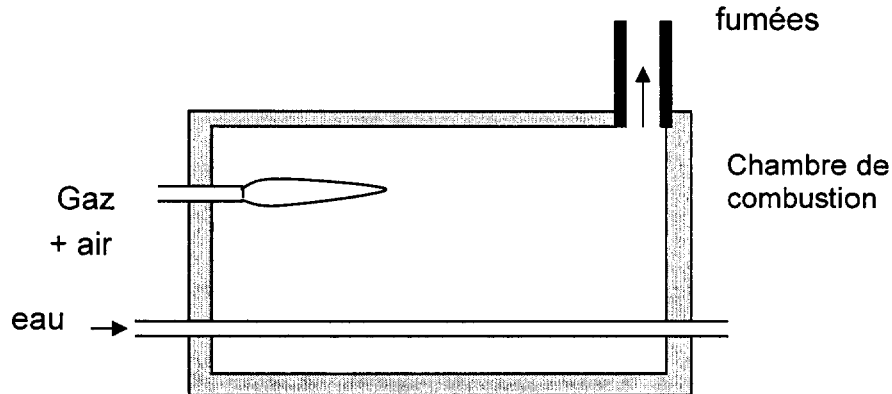
Le sujet comprend 6 pages, numérotées de 1 à 6
Les deux problèmes sont indépendants

*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 : SCE3SC

Problème 1. COMBUSTION et CHAUFFAGE .

On a schématisé sur la figure ci-dessous la chambre de combustion d'une chaudière à gaz destinée à chauffer l'eau circulant avec un débit volumique q constant ($q = 50 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$) dans un tuyau qui traverse la chambre considérée comme une enceinte adiabatique. Les produits de la combustion du gaz sont évacués par un conduit supérieur.



PARTIE 1 : COMBUSTION.

Le gaz utilisé est du méthane, de formule chimique CH_4 . Le réglage du débit d'arrivée d'air est tel qu'il est apporté la quantité juste nécessaire d'air pour assurer la combustion complète du méthane.

L'équation de la réaction de combustion est alors la suivante :



- 1.1 Comment se nomme l'élément chimique représenté par le symbole N ? Dans quelle proportion N_2 est-il présent dans l'air sec que nous respirons ?
- 1.2 Dans cette combustion, quel est le combustible, quel est le comburant et à quelle condition la réaction peut-elle démarrer ?
- 1.3 Déterminer les valeurs numériques des coefficients x , y , z apparaissant dans l'équation de la combustion.
- 1.4 A quelle famille appartient le méthane CH_4 ? Proposez un autre composé de cette famille, en donnant son nom et son utilisation.
- 1.5 Pour une mole de méthane (gaz), combien faut-il de moles d'air pour assurer la combustion dans les conditions définies par l'équation ci-dessus ?
Quelle est alors la masse de dioxyde de carbone produite pour une mole de méthane brûlée ?

Données : masses molaires C : $12 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$; O : $16 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

On suppose que le méthane utilisé entre dans la chambre de combustion en étant dans les conditions normales de température et de pression ($273,15 \text{ K}$ et $1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$). Dans ces conditions, en l'assimilant à un gaz parfait, son volume molaire vaut :

$$V_M = 22,4 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}$$

- 1.6 Si le volume annuel de gaz utilisé pour cette combustion vaut $V = 10\,000 \text{ m}^3$, quelle est la masse totale annuelle M de dioxyde de carbone rejetée dans l'atmosphère via le conduit de cheminée ?
Quels problèmes environnementaux particuliers présentent ces rejets de CO_2 ?

1.7 La combustion est une réaction exothermique.

1.7.1 Que signifie « exothermique » ?

1.7.2 Le pouvoir calorifique inférieur (PCI) du méthane vaut : $9,96 \text{ kWh} / \text{Nm}^3$.

Données : $1 \text{ Nm}^3 = 1 \text{ normal m}^3 = \text{quantité de gaz présente dans un volume de } 1 \text{ m}^3 \text{ dans les conditions normales de température et de pression (273,15 K et } 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa)}$.

Vérifier que l'énergie produite par la réaction ci-dessus correspondant à la combustion d'une mole de CH_4 vaut environ 800 kJ.mol^{-1} .

1.8 Lorsque la combustion se fait avec un défaut d'air donc un défaut de dioxygène, il apparaît dans les produits de la réaction un nouveau composé gazeux. Donner son nom et sa formule chimique. Que dire de ce gaz ?

1.9 Lorsque le défaut d'air est important, il apparaît des suies. Quel élément chimique correspond à ces suies ; donner son symbole chimique.

PARTIE 2 : CHAUFFAGE.

2.1 Le débit en méthane du brûleur à gaz vaut $G = 5 \text{ Nm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ et le PCI (cf. 1.7.2) du méthane vaut $9,96 \text{ kWh} / \text{Nm}^3$.

Que vaut le flux thermique Φ , exprimé en watt apporté par le brûleur ?

2.2 Le flux thermique perdu par les fumées est noté Φ' . Le flux thermique $\Delta\Phi$ transféré à l'eau circulant dans le tuyau vaut $34\,800 \text{ W}$.

Quelle est la valeur du flux Φ' , si l'on néglige toutes les autres pertes ?

2.3 La capacité calorifique massique de l'eau c vaut $4,18 \text{ J.kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$. On rappelle que le débit volumique dans le tuyau vaut $q = 50 \text{ L.min}^{-1}$.

Calculer l'augmentation de température ΔT de l'eau lors de la traversée de la chambre de combustion.

Donnée : masse volumique de l'eau $\rho = 1000 \text{ kg.m}^{-3}$.

Problème 2. STOCKAGE D'ENERGIE

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

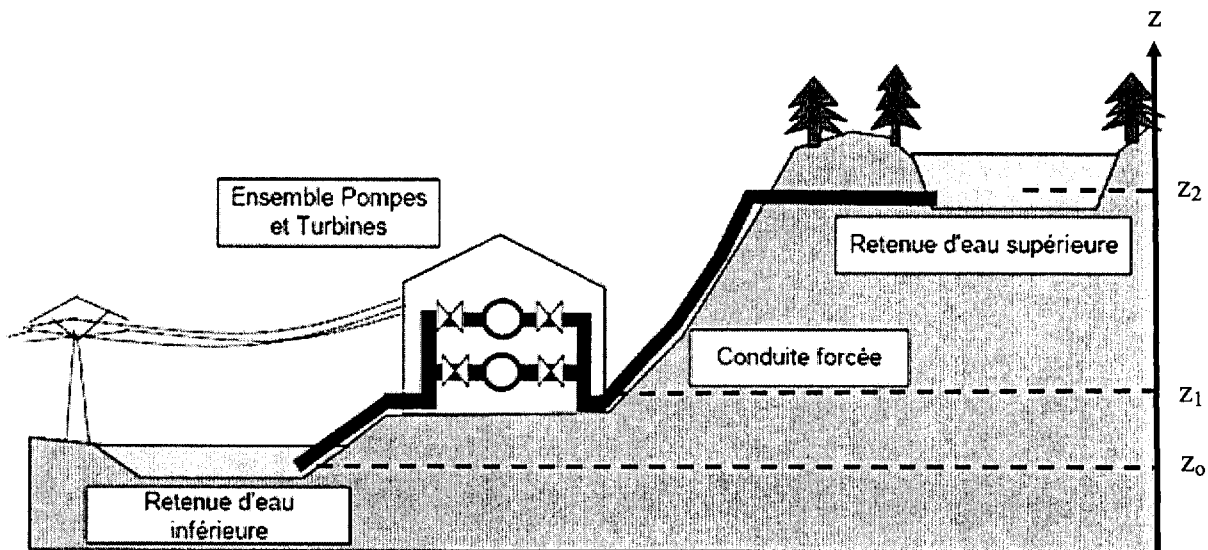
L'opération de stockage d'énergie est toujours associée à l'opération inverse consistant à récupérer l'énergie stockée (le *déstockage*). Ces deux opérations de stockage/déstockage constituent un *cycle de stockage*.

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 donnée **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 $1,44 \cdot 10^8$ 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 : $0,84 \text{ kg.L}^{-1}$

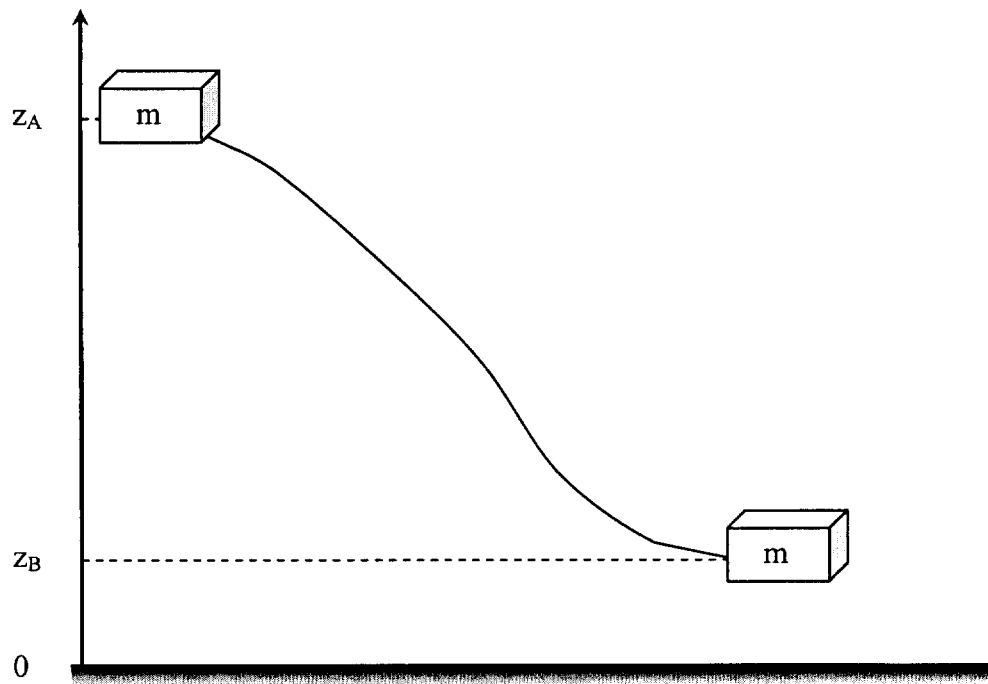
PARTIE 2 : STOCKAGE.

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, $\Delta W'_{P,M_j}$ 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 ?
-

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 **$m \cdot s^{-2}$** ,
- z_A et z_B les altitudes exprimées en m.