

Session 2007

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR
TRAVAUX PUBLICS
MATHÉMATIQUES ET SCIENCES PHYSIQUES
ÉPREUVE E3
UNITÉ U 32 – SCIENCES PHYSIQUES

Durée : 2 heures
Coefficient : 2

A l'exclusion de tout autre matériel, l'usage de la calculatrice est autorisé conformément à la circulaire n°99-186 du 16 novembre 1999.

Documents à rendre avec la copie :

1. document-réponse page 5/6 ;
2. document-réponse page 6/6.

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il soit complet.
Le sujet comporte 6 pages, numérotées de 1/6 à 5/6.

Code sujet :

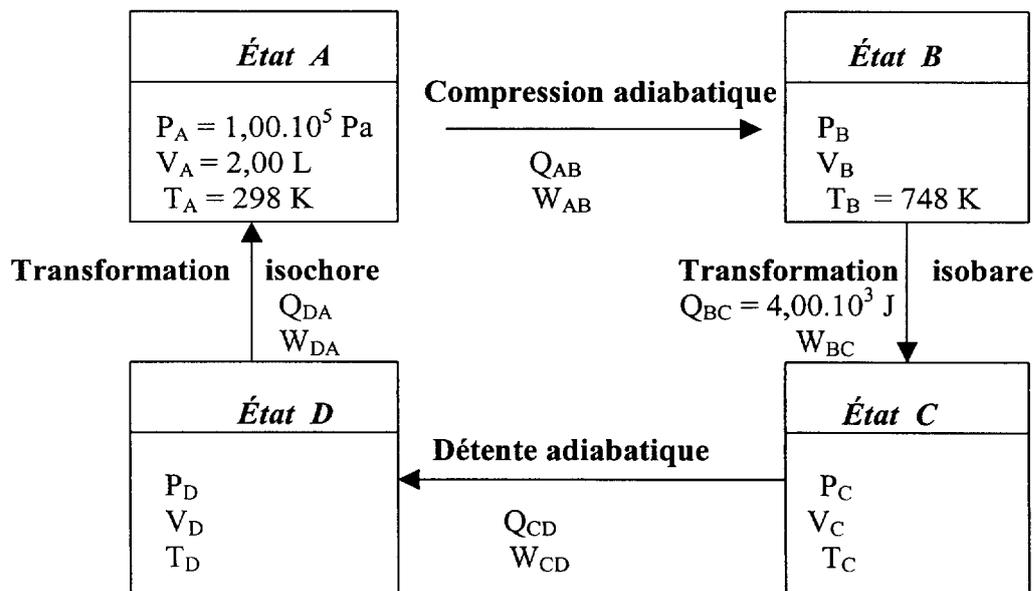
page 1/6

Les trois parties du sujet sont indépendantes.

PARTIE A : THERMODYNAMIQUE. (7,5 points)

Etude d'un cycle moteur à quatre temps du type « Diesel ».

Ce cycle comporte quatre transformations thermodynamiques auxquelles correspondent quatre états notés A,B,C et D caractérisés par les variables suivantes : pression P, volume V et température T. Le travail et la chaleur échangés au cours de ces transformations supposées réversibles sont notés respectivement W et Q. Le système est considéré comme fermé. Le mélange air-combustible est assimilé à un gaz parfait. Le schéma suivant résume l'ensemble des transformations et des états :



Données pour l'ensemble du problème :

- constante des gaz parfaits $R = 8,31 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$;
- formules de Poisson : $PV^\gamma = P'V'^\gamma$ et $P^{1-\gamma} \cdot T^\gamma = P'^{1-\gamma} \cdot T'^\gamma$ avec $\gamma = 1,40$;
- capacité calorifique molaire à volume constant : $C_v = 20,8 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$;
capacité calorifique molaire à pression constante : $C_p = 29,1 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$.

A-1. Que signifie “système fermé” ?

A-2. Calculer le nombre de moles n de gaz qui participent à ce cycle.

A-3. Calculer pour chaque état les valeurs de pression, de volume et de température.

A-4. Compléter sur le document réponse 1 page 5/6, les cases des états B, C et D avec toutes les valeurs trouvées.

NB : les résultats seront donnés avec 3 chiffres significatifs, les données étant implicitement connues avec cette précision.

A-5. Tracer le diagramme de Clapeyron (P,V) sur le document réponse 1 page 5/6. Préciser son sens.

A-6. Calculer la quantité de chaleur Q_{DA} échangée entre les états D et A. En déduire le travail total W échangé en utilisant le premier principe de la thermodynamique. Commenter le résultat.

PARTIE B : MECANIQUE DES FLUIDES (6,5 points)

Étude d'un « barrage-poids »

Un barrage-poids a un profil assimilé à un triangle rectangle noté ABC. Il résiste à la poussée de l'eau tant que la droite d'action de la résultante des forces \vec{R} s'exerçant sur la paroi coupe la base BC.

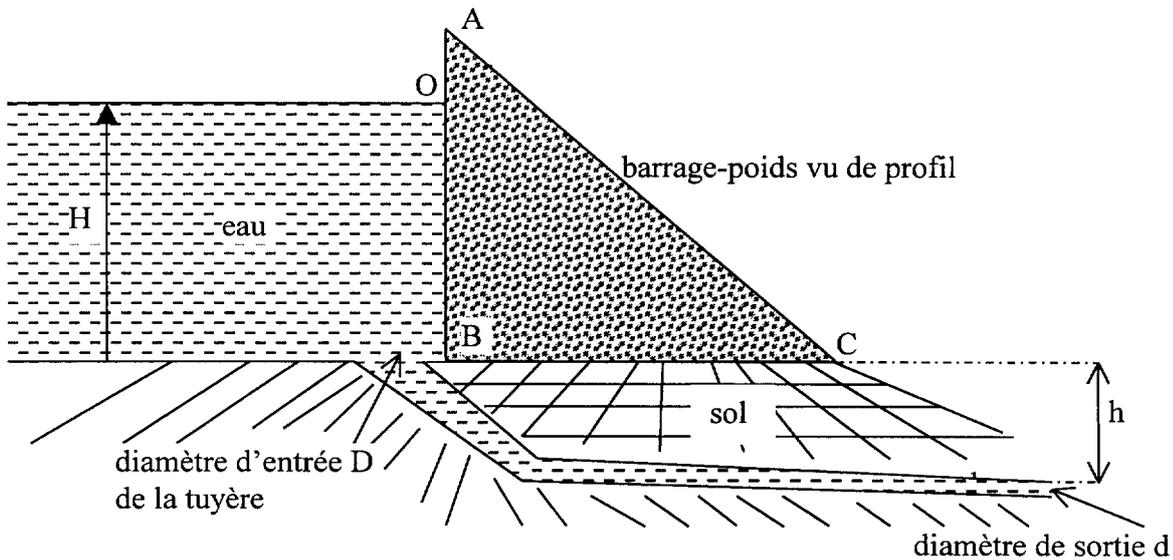
$\vec{R} = \vec{F} + \vec{P}_B$, formule dans laquelle \vec{F} représente la résultante des forces pressantes exercées sur la paroi AB du barrage et \vec{P}_B le vecteur poids du barrage.

Le barrage-poids a une hauteur AB = 75 m. Le niveau de l'eau atteint une hauteur H = 70 m.

La largeur de sa base est BC = 56 m et sa longueur L = 1000 m.

On donne :

- la densité du béton par rapport à l'eau : $d_B = 2,2$;
- la masse volumique de l'eau douce : $\rho_{eau} = 1,0 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$;
- l'intensité de la pesanteur : $g = 9,8 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$.



Pour éviter des éventuels glissements de terrain sous l'action de la contrainte R, le barrage est équipé de cinq tuyères de sécurité. L'entrée de chaque tuyère est circulaire de diamètre D et la sortie circulaire de diamètre d. Le centre de la sortie est situé à une profondeur h = 50 m sous le niveau BC du barrage.

D = 200 cm d = 40 cm h = 50 m

B-1. Étude du barrage.

B-1-1 Calculer le volume V_B et la masse m_B de béton qu'il a fallu utiliser pour construire le barrage.

B-1-2 Quel est le poids du barrage ?

B-2. La résultante des forces pressantes sur la paroi AB, tuyères fermées.

Le module de la résultante des forces pressantes exercée par l'eau sur la paroi est donné par la relation suivante : $F = p_e \cdot \frac{S}{2}$ où p_e est la pression effective de l'eau au fond du bassin et S est la surface de la paroi qui est en contact avec l'eau.

- B-2-1. Établir l'expression de F en fonction de ρ_{eau} , L , g et H .
 B-2-2. Calculer F . En déduire la valeur de la résultante des contraintes R .
 B-2-3. Calculer l'angle β entre les directions des vecteurs \vec{P} et \vec{R} et le comparer à l'angle α au sommet du barrage. Justifier à l'aide d'une phrase comment évolue β lorsque la hauteur d'eau H du barrage augmente.

B-3. Évacuation du barrage, tuyères ouvertes, écoulement sans perte de charge.

- B-3-1. Exprimer la vitesse d'écoulement c_2 à la sortie d'une tuyère en fonction de g , H et h . Calculer c_2 .
 B-3-2. On suppose la vitesse d'abaissement c du niveau de l'eau à la surface libre du barrage négligeable devant c_2 .
 B-3-2-1. Calculer la vitesse d'écoulement c_1 à l'entrée de la tuyère.
 B-3-2-2. Calculer le débit volumique q_v .
 B-3-3. Le volume d'eau maximal du barrage est V_{max} : $V_{\text{max}} = 10,0 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Calculer la durée de l'évacuation de l'eau lorsque les cinq tuyères fonctionnent simultanément.

Rappel : Relation de Bernoulli entre deux sections d'écoulement d'un tube de courant :

$$(c_1^2 - c_2^2) / 2 + g(z_1 - z_2) + (P_1 - P_2) / \rho = 0.$$

PARTIE C : CHIMIE (6 points)

Protection électrochimique d'une cuve métallique enfouie dans le sol.

Pour protéger contre la corrosion une cuve en acier (fer + carbone) enfouie dans le sol, on la relie par l'intermédiaire d'un fil métallique à une électrode de magnésium.

On donne :

*Les potentiels standard des couples redox :

$$E^\circ (\text{Fe}^{2+} / \text{Fe}) = - 0,44 \text{ V} ;$$

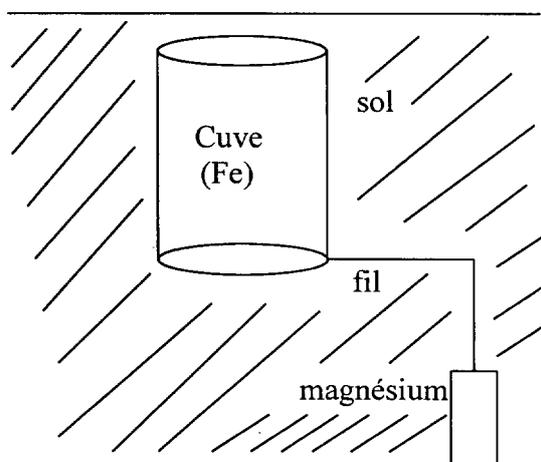
$$E^\circ (\text{Mg}^{2+} / \text{Mg}) = - 2,37 \text{ V}.$$

*Les masses molaires:

$$M(\text{Fe}) = 55,8 \text{ g.mol}^{-1} ;$$

$$M(\text{Mg}) = 24,3 \text{ g.mol}^{-1} .$$

*La quantité d'électricité transportée par une mole d'électrons : $F = 9,65 \cdot 10^4 \text{ C}$.



C-1 Écrire et équilibrer les demi-équations électroniques qui se produisent sur l'électrode de magnésium et sur la cuve.

Indiquer l'oxydation et la réduction.

C-2 Compléter le schéma sur le document réponse 2 page 6/6 en notant le sens de circulation des électrons, le sens de l'intensité I du courant électrique, les pôles + et -, l'anode et la cathode.

C-3 Expliquer pourquoi le magnésium est capable de protéger le fer.

C-4 La masse de magnésium utilisée est $m = 200 \text{ g}$. On admet que le courant de protection d'intensité $I = 15 \text{ mA}$ est constant. Calculer la durée théorique Δt de cette protection, exprimée en seconde puis en année.

Quelle serait la masse de fer qui disparaîtrait pendant la durée précédente dans les mêmes conditions si la cuve n'était pas protégée ?

Document réponse n°1 (à rendre avec la copie)

question A-4 Les résultats seront donnés avec 3 chiffres significatifs, les données étant implicitement connues avec cette précision.

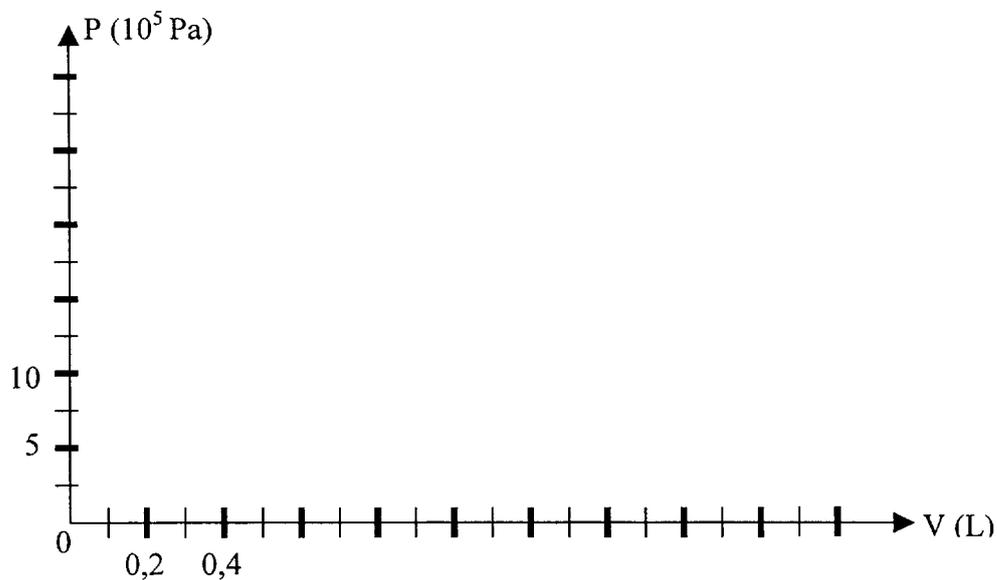
État A
$P_A = 1,00 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
$V_A = 2,00 \text{ L}$
$T_A = 298 \text{ K}$

État B
$P_B =$
$V_B =$
$T_B = 748 \text{ K}$

État C
$P_C =$
$V_C =$
$T_C =$

État D
$P_D =$
$V_D =$
$T_D =$

question A-5:



question C-2

