

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR
HYGIÈNE/PROPRETÉ/ENVIRONNEMENT
SESSION 2006

SCIENCES PHYSIQUES

Durée : 2 H

Coefficient : 3

- SUJET -

Dès remise du sujet, assurez-vous qu'il est complet.

*Le sujet comporte 2 parties indépendantes (Physique – Chimie)
qui seront traitées sur des copies séparées.
Une annexe est à rendre avec la copie.*

—

Il sera tenu compte de la présentation.

L'usage de la calculatrice est autorisé.

PHYSIQUE (8 points) - CHOIX D'UNE POMPE D'ARROSAGE

Les 3 parties A, B, C sont indépendantes.

Une petite pompe centrifuge alimente une installation d'arrosage à partir d'un lac. L'eau est aspirée depuis la surface du lac ; l'entrée du circuit d'arrosage est notée B.

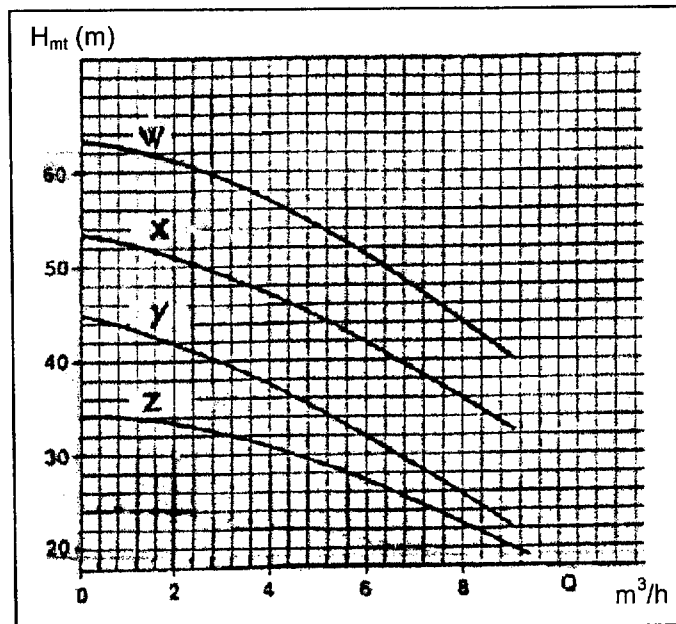
Le point A est à la surface du lac. Le point M est dans la canalisation à la même altitude que le point A. Entre M et B, la canalisation mesure 36 m, elle comporte 2 coudes et une vanne (ci-dessous figure tracée sans souci d'échelle). La dénivellation entre M et B est de 15 m.

Données :

Théorème de Bernoulli pour une machine hydraulique :
$$\frac{p_A}{\rho \cdot g} + z_A + \frac{v_A^2}{2g} + H_{mt} - J = \frac{p_B}{\rho \cdot g} + z_B + \frac{v_B^2}{2g}$$

où J, exprimé en mètre de hauteur de fluide, représente la perte de charge totale de l'installation entre les points A et B et H_{mt} représente la hauteur manométrique totale de la machine hydraulique.

Le document ci-dessous regroupe les courbes $H_{mt} = f(Q)$ pour 4 modèles de pompes que l'on appellera W, X, Y et Z.



Débit volumique de l'installation :

$$Q = 5,0 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

Pression atmosphérique :

$$p_0 = 1,0 \text{ bar} = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

Pression de l'eau en B : $p_B = 3,0 \text{ bar}$

Masse volumique de l'eau :

$$\rho = 1,0 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

Intensité de la pesanteur : $g \approx 10 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$

Perte de charge par mètre de

canalisation : 2 cm

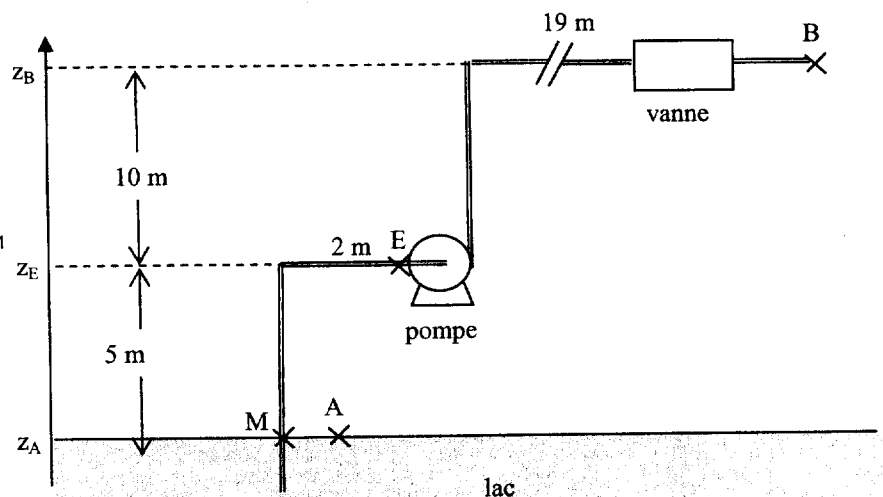
Longueur équivalente d'un coude :

3 m de canalisation

Longueur équivalente d'une vanne :

8 m de canalisation

Diamètre de la canalisation : $d = 10 \text{ cm}$



A - CHOIX DE LA POMPE

- 1°/ Montrer que l'ensemble des pertes de charge de l'installation J vaut 1 m.
- 2°/ Calculer la vitesse de l'eau dans la conduite en régime permanent de pompage.
- 3°/ En appliquant le théorème de Bernoulli entre les points A et B, calculer la hauteur manométrique totale H_{mt} de la pompe, en négligeant les termes concernant les vitesses d'écoulement de l'eau devant les autres termes.
- 4°/ Choisir parmi les pompes W, X, Y et Z celle qui convient le mieux à l'installation. Justifier.

B - POSITION DE LA POMPE

Comme la berge est très abrupte, la pompe est installée au-dessus du niveau de l'eau.

- 5°/ a) Calculer les pertes de charge dans la conduite d'aspiration.
b) Quelle est, pendant le pompage, la valeur de la pression p_E de l'eau à l'entrée de la pompe ?

C - CONSOMMATION DE LA POMPE

Données :

La pompe est formée de deux parties :

- le moteur électrique de rendement $\eta_1 = 0,90$
- la partie hydromécanique, c'est-à-dire la roue à aubes (ou turbine) de rendement hydro-mécanique $\eta_2 = 0,60$.

Le moteur de la pompe est soumis à la tension alternative sinusoïdale monophasée du secteur 230 V / 50 Hz.

Le facteur de puissance du moteur vaut 0,8.

- 6°/ Calculer la période et l'amplitude de la tension du secteur.
- 7°/ Montrer que la puissance hydraulique P_h de la pompe doit être égale à 500 W.
- 8°/ Montrer que la puissance électrique P_a absorbée par la pompe vaut 0,93 kW.
- 9°/ Calculer l'intensité efficace I du courant qui traverse la pompe.

CHIMIE (12 points)

EXERCICE I : PILE AU MERCURE (6 points)

Données :

Les potentiels standard à 25°C :

$$E^\circ (\text{Hg}^{2+} / \text{Hg}) = 0,85 \text{ V}$$

$$E^\circ (\text{H}^+ / \text{H}_2) = 0,00 \text{ V}$$

$$\text{Formule de Nernst : } E(\text{Ox/Red}) = E^\circ(\text{Ox/Red}) + \frac{0,06}{n} \log \frac{[\text{Ox}]}{[\text{Red}]}$$

1°/ On réalise une pile d'oxydoréduction en reliant par un pont salin les deux demi piles suivantes :

- demi pile n° 1 : $V_1 = 100 \text{ mL}$ d'une solution d'acide chlorhydrique à $c_1 = 0,100 \text{ mol.L}^{-1}$ dans laquelle on plonge un fil de platine et barbote du dihydrogène gazeux sous une pression de 1 bar.
 - demi pile n° 2 : $V_2 = 100 \text{ mL}$ d'une solution aqueuse de nitrate de mercure (II) : $(\text{Hg}^{2+} + 2\text{NO}_3^-)$ à $c_2 = 0,100 \text{ mol.L}^{-1}$ en contact avec du mercure liquide dans lequel plonge une lame de platine.
- a) Pour chaque demi pile, donner les demi équations d'oxydoréduction aux électrodes.
 - b) Compléter le document 1 de l'annexe : préciser les ions présents dans les solutions et la polarité de la pile.

2°/ Étude de la demi pile n° 1 :

- a) Calculer le pH de la solution contenue dans la demi pile n° 1.
- b) Donner l'expression littérale du potentiel E_1 de la demi pile n° 1 en fonction du pH.
- c) Calculer E_1 .

3°/ Étude de la demi pile n° 2 :

- a) Donner l'expression littérale du potentiel E_2 de la demi pile n° 2.
- b) Calculer E_2 .
- c) Calculer la force électromotrice de la pile.

4°/ On ajoute 0,10 mol d'iodure de potassium solide KI dans la demi pile n° 2. Il se forme un complexe unique de formule $[\text{HgI}_4]^{2-}$. On admettra qu'il n'y a pas de variation de volume.

- a) La force électromotrice de la pile devient alors 0,01 V. Calculer le nouveau potentiel de la demi pile n° 2.
- b) Écrire l'équation de formation du complexe $[\text{HgI}_4]^{2-}$.
- c) La nouvelle concentration en ions Hg^{2+} non complexés est $10^{-30} \text{ mol.L}^{-1}$, elle est donc négligeable. Montrer que la concentration en ions I^- non complexés est égale à $0,60 \text{ mol.L}^{-1}$ et que la concentration en ions complexes $[\text{HgI}_4]^{2-}$ est égale à $0,100 \text{ mol.L}^{-1}$.
- d) Donner l'expression littérale de la constante de dissociation K_d du complexe $[\text{HgI}_4]^{2-}$.
- e) Calculer la constante K_d .

EXERCICE II : CHIMIE ORGANIQUE (6 points)

Les 3 parties A, B, C sont indépendantes.

Données :

On s'intéresse aux principaux produits suivants :

l'acide butanoïque

le propan-2-ol

le propane-1,2,3-triol.

Masses molaires atomiques en g. mol^{-1} : $M(\text{C}) = 12$ $M(\text{K}) = 39,1$ $M(\text{H}) = 1$
 $M(\text{Cr}) = 52$ $M(\text{O}) = 16$ $M(\text{Na}) = 23$

PARTIE A : FABRICATION D'UN ESTER

On fait réagir 15,0 g de propan-2-ol sur 17,6 g d'acide butanoïque à chaud en présence d'acide sulfurique.

1°/ Quel type de réaction se produit ? Écrire l'équation de cette réaction.

2°/ Déterminer le réactif en excès. Justifier.

PARTIE B : OXYDATION D'UN ALCOOL

1°/ Nommer l'alcène qu'il a fallu hydrater pour obtenir du propan-2-ol.

2°/ Le produit de l'oxydation ménagée du propan-2-ol donne un précipité jaune avec la 2,4 -DNPH (dinitro-phényl hydrazine) et ne réagit pas avec le nitrate d'argent ammoniacal. Donner le nom du composé obtenu. Justifier.

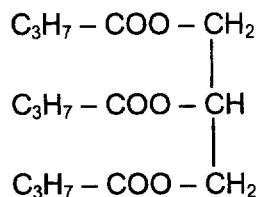
3°/ Une oxydation chromique est réalisée sur le propan-2-ol, mettant en jeu les deux couples oxydo-réducteur suivants :

- $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} / \text{Cr}^{3+}$
- $\text{CH}_3 - \text{CO} - \text{CH}_3 / \text{CH}_3 - \text{CHOH} - \text{CH}_3$

Compléter le document 2 de l'annexe : équilibrer les demi équations redox et l'équation-bilan.

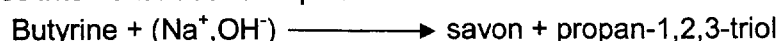
PARTIE C : FABRICATION D'UN SAVON

La butyrine est un triester de l'acide butanoïque et du propane-1,2,3-triol ; c' est un corps gras qui a pour formule semi-développée :



On traite à chaud 30,2 g de butyrine par de la soude en excès.

1°/ a) À quel type de réaction correspond l'addition de soude sur un ester ? Donner les formules brutes intervenant dans l'équation-bilan suivante :

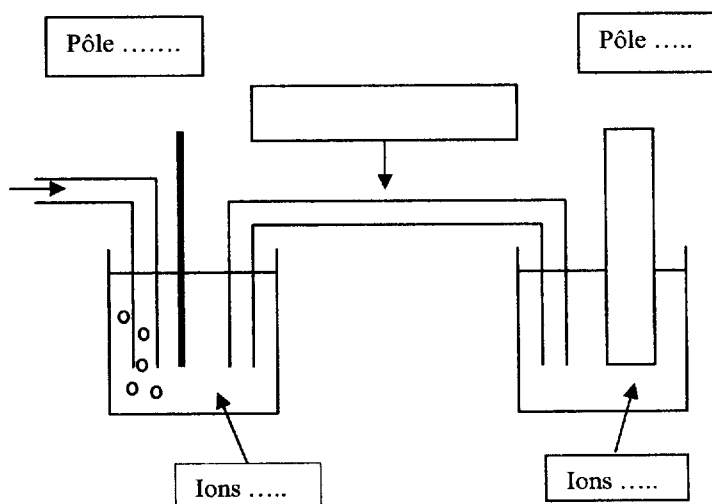


b) Équilibrer l'équation bilan.

c) Calculer la masse molaire de la butyrine triester M_{butyrine} .

2°/ Après extraction et purification, quelle masse de savon fabrique-t-on dans ces conditions ?

Document n°1

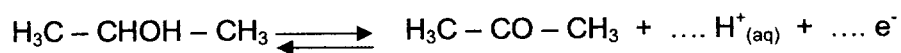


Document n°2

Couple $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} / \text{Cr}^{3+}$ en milieu acide :



Couple $\text{H}_3\text{C} - \text{CO} - \text{CH}_3 / \text{H}_3\text{C} - \text{CHOH} - \text{CH}_3$:



Équation-bilan :

