



SERVICES CULTURE ÉDITIONS
RESSOURCES POUR
L'ÉDUCATION NATIONALE

**Ce document a été numérisé par le CRDP de Bordeaux pour la
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel**

Campagne 2009

Ce fichier numérique ne peut être reproduit, représenté, adapté ou traduit sans autorisation.

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR
HYGIÈNE/PROPRETÉ/ENVIRONNEMENT
SESSION 2009

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.**

Il sera tenu compte de la présentation.

CALCULATRICE AUTORISÉE

Sont autorisées toutes les calculatrices de poche, y compris les calculatrices programmables, alphanumériques ou à l'écran graphique à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimantes.

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.

-PHYSIQUE- (8 points)

EXERCICE N°1 : MÉCANIQUE DES FLUIDES (8 points)

Un réservoir d'eau alimente trois immeubles d'habitation situés à des altitudes Z différentes, repérées sur le schéma 1 ci-dessous. On modélise le système d'alimentation par des arrivées d'eau munies chacune d'un robinet.

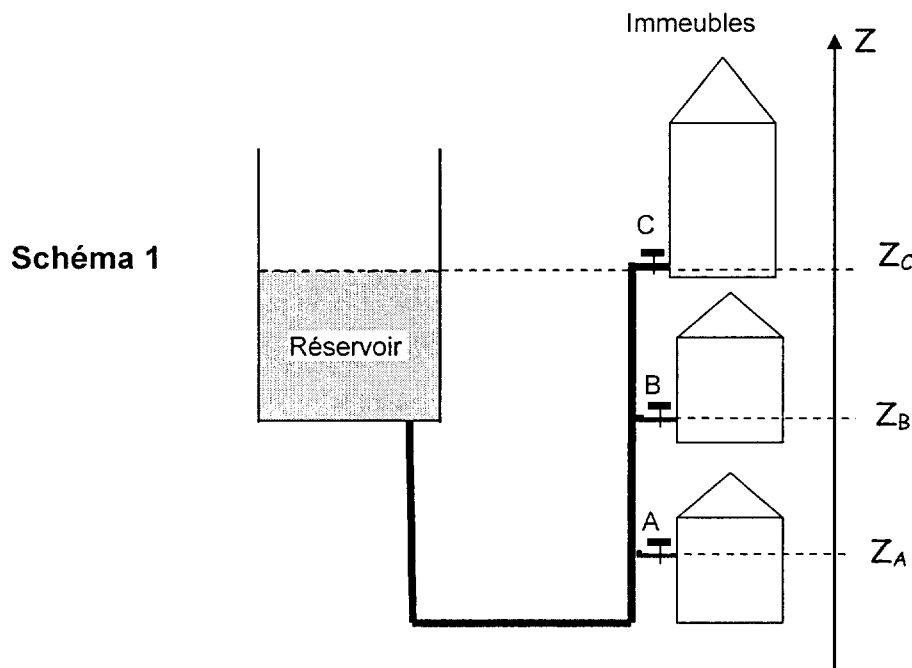
Données :

- Diamètre des canalisations : $d = 30 \text{ mm}$.
- Altitudes des robinets d'alimentation : $Z_A = 1050 \text{ m}$; $Z_B = 1090 \text{ m}$; $Z_C = 1100 \text{ m}$.
- Altitude de la surface libre de l'eau contenue dans le réservoir : $Z_c = 1100 \text{ m}$.
- Pression atmosphérique : $p_0 = 10^5 \text{ Pa}$.
- Intensité de la pesanteur : $g = 10 \text{ N.kg}^{-1}$.
- Masse volumique de l'eau : $\rho = 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$.
- Relation de Bernoulli pour un fluide s'écoulant de A vers B :

$$Z_A + \frac{v_A^2}{2g} + \frac{p_A}{\rho \cdot g} - J_{AB} + Ht_m = Z_B + \frac{v_B^2}{2g} + \frac{p_B}{\rho \cdot g}$$

où J_{AB} représente la perte de charge entre les points A et B et Ht_m est la hauteur manométrique totale d'une pompe située entre A et B.

- Le réservoir étant de grande taille, la surface libre de l'eau ne varie pas au cours du temps.



1. Déterminer les pressions aux points A et B, notées p_A et p_B , lorsque les trois robinets sont fermés. Exprimer en bar les valeurs de ces deux pressions.

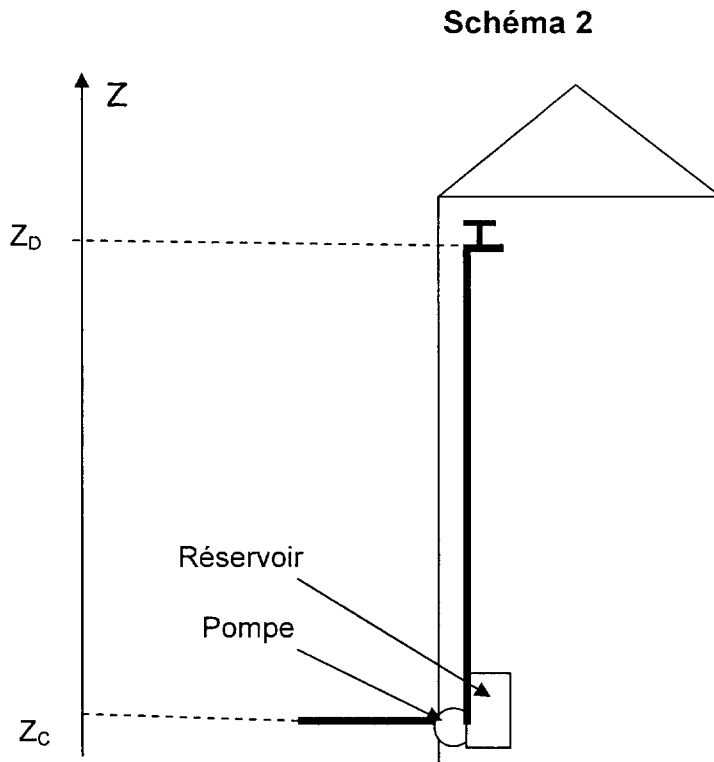
2. On ouvre le robinet A, les robinets B et C étant fermés. Dans ce cas, $p_A = p_0$.

2.1. En utilisant l'équation de Bernoulli et en négligeant les pertes de charge, calculer la valeur v_A de la vitesse d'écoulement de l'eau en A.

2.2. Quel est le débit volumique Q_{VA} exprimé en $L.s^{-1}$?

3. Le troisième immeuble se situe à une altitude supérieure à celle des deux autres et son robinet d'alimentation est au même niveau Z_c que la surface libre du réservoir (cf. schéma 1).

Pour permettre à l'eau d'arriver au dernier étage situé à l'altitude Z_D , une pompe est installée au rez de chaussée. Celle-ci remplit un petit réservoir dans lequel l'eau est maintenue sous pression. Ce dispositif est appelé surpresseur (cf. schéma 2).



3.1. On veut assurer un débit Q_{VD} de $5 L.s^{-1}$ à la sortie du robinet situé au dernier étage à une altitude $Z_D = 1110$ m.

3.1.1. A partir de l'équation de Bernoulli, en considérant que les pertes de charge dans la conduite de refoulement sont évaluées à 2 m, calculer la hauteur manométrique totale H_{tm} de la pompe. On rappelle que la pression à l'entrée de la pompe est égale à la pression atmosphérique.

3.1.2. En déduire la puissance hydraulique de la pompe.

3.2. Le moteur entraînant la pompe a une puissance électrique de 1 kW. Il est alimenté sous 230 V et son facteur de puissance est 0,8.

3.2.1. Vérifier que le rendement de cette pompe est égal à 0,6.

3.2.2. Calculer l'intensité du courant électrique qui traverse le moteur.

-CHIMIE- (12 points)

EXERCICE N° 2 : DURETÉ D'UNE EAU (5,5 points)

Les deux parties A et B sont indépendantes.

Partie A :

La dureté de l'eau, notée D, est un des principaux paramètres cités dans les analyses physico-chimiques d'une eau. Exprimée en degré hydrotimétrique, °TH, sa valeur vaut : $([Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]) \times 10^4$, lorsque les concentrations sont exprimées en mol.L⁻¹.

Données : Masses molaires en g.mol⁻¹ : M(Ca) = 40,1 ; M(Mg) = 24,3.

1. Sur l'étiquette d'une bouteille d'eau minérale, on peut lire :

« Minéralisation en mg/l : calcium : 476 ; magnésium : 84 »

1.1 Calculer les concentrations molaires des ions calcium et magnésium.

1.2 En déduire la dureté de cette eau.

1.3 Citer deux inconvénients d'une eau dure.

2. On dose les ions Ca²⁺ et Mg²⁺ contenus dans un échantillon de 10 mL d'eau par une solution d'EDTA de concentration $c = 10^{-2}$ mol.L⁻¹.

Les conditions expérimentales du dosage sont telles que l'espèce prédominante de l'EDTA est symbolisée par H₂Y²⁻.

2.1 Écrire les deux équations correspondant à la complexation de l'EDTA avec les ions calcium et magnésium.

2.2 L'équivalence est obtenue pour un volume versé d'EDTA égal à 15,5 mL. Calculer $([Ca^{2+}] + [Mg^{2+}])$, concentration totale en ions Ca²⁺ et Mg²⁺.

2.3 En déduire la dureté mesurée de l'échantillon.

La comparer à celle calculée à la question 1.2 et conclure.

Partie B :

Pour réaliser les conditions expérimentales de ce dosage, on utilise une solution obtenue par mélange de 0,20 mol d'ammoniac et 0,20 mol de chlorure d'ammonium. Le pKa du couple NH₄⁺/ NH₃ est égal à 9,2.

1. Quel nom donne t-on à ce type de mélange ?

2. Préciser ses propriétés.

3. Donner la valeur du pH de cette solution.

EXERCICE N°3 : DEMANDE CHIMIQUE EN OXYGÈNE D'UNE EAU USÉE
(6,5 points)

La réaction de décomposition d'une espèce organique présente dans une eau peut être suivie par la mesure d'une grandeur appelée « Demande Chimique en Oxygène », notée DCO. Par définition, la DCO correspond à la masse du dioxygène, exprimée en mg, consommé pour oxyder cette matière organique présente dans un échantillon d'eau de un litre.

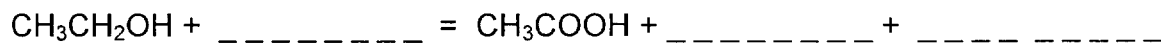
L'une des méthodes utilisées pour déterminer la DCO d'une eau usée est fondée sur l'oxydation de l'espèce organique par un excès d'ions dichromate de formule $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$.

Pour cela, on réalise un mélange contenant 10,0 mL de l'eau à analyser et 5,0 mL de solution de dichromate de potassium ($2\text{K}^+ \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) de concentration $0,060 \text{ mol.L}^{-1}$.

On ajoute l'acide nécessaire à cette réaction d'oxydation, ainsi qu'un catalyseur, sans modifier le volume initial de 15,0 mL. On porte à ébullition pendant une heure.

On mesure ensuite par une méthode spectrophotométrique, la concentration en ions dichromate restant. On trouve $0,016 \text{ mol.L}^{-1}$.

1. Écrire la demi-équation d'oxydoréduction mettant en jeu le couple $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} / \text{Cr}^{3+}$.
2. Vérifier que la concentration en dichromate de potassium, dans le mélange réactionnel initial, est égale à $0,020 \text{ mol.L}^{-1}$.
3. Montrer que la quantité d'ions dichromate $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ayant réagi est égale à $6 \times 10^{-5} \text{ mol}$.
4. On assimile ici la matière organique à de l'éthanol. Celui-ci est oxydé en acide éthanóïque.
Recopier et compléter la demi-équation d'oxydoréduction mettant en jeu le couple $\text{CH}_3\text{COOH} / \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$.



5. Écrire l'équation correspondant à l'oxydation de l'éthanol par le dichromate de potassium.
6. En comparant les demi-équations relatives aux couples $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} / \text{Cr}^{3+}$ et $\text{O}_2 / \text{H}_2\text{O}$, il apparaît que pour oxyder une même quantité de matière d'éthanol, il faut une quantité de dioxygène 1,5 fois plus grande que la quantité d'ions $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ nécessaire.
 - 6.1 En déduire la quantité n_{O_2} de dioxygène qui aurait été nécessaire au lieu des 6×10^{-5} moles de $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ utilisées.
 - 6.2 Calculer la DCO de l'eau analysée, exprimée en mg.L^{-1} .

Donnée : Masse molaire : $M(\text{O}) = 16 \text{ g.mol}^{-1}$.