



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**

session 2011

BTS Hygiène / Propreté / Environnement

SCIENCES PHYSIQUES

SESSION 2011

Durée : 2 heures

Coefficient : 3

Matériel autorisé :

- Toutes les calculatrices de poche y compris les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante (Circulaire n°99-186, 16/11/1999)

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Le sujet se compose de 6 pages, numérotées de 1/6 à 6/6.

Le sujet comporte 2 parties indépendantes (Physique – Chimie).

Il sera tenu compte de la présentation.

BTS Hygiène Propreté et Environnement		Session 2011
Sciences-Physiques	HPE1SC	Page : 1/6

- PHYSIQUE - (8 points)

VIDANGE D'UN RESERVOIR

Les deux parties sont indépendantes

Données :

- Masse volumique de l'eau : $\rho = 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$
- Intensité de la pesanteur : $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$
- Pression atmosphérique : $p_0 = 1,0 \times 10^5 \text{ Pa}$
- Pression de vapeur saturante de l'eau : $p_{vs} = 2400 \text{ Pa}$
- Equation de Bernoulli pour un fluide en écoulement permanent du point A vers le point B, une pompe de hauteur manométrique totale H_{mt} étant placée entre A et B, les pertes de charge étant notées J_{AB} :

$$z_A + \frac{p_A}{\rho \cdot g} + \frac{v_A^2}{2g} - J_{AB} + H_{mt} = z_B + \frac{p_B}{\rho \cdot g} + \frac{v_B^2}{2g}$$

- Surface d'un disque de rayon R : $s = \pi \cdot R^2$

On souhaite prélever de l'eau dans un réservoir de grandes dimensions ouvert sur l'atmosphère. Deux procédés peuvent être utilisés, l'un faisant intervenir un siphon, l'autre une pompe.

1. Utilisation d'un siphon (4 points)

Un tuyau, de diamètre intérieur 10 cm, s'élève à 4 m au dessus de la surface libre du réservoir (cf schéma n°1, page 3/6).

Ce tuyau constitue un siphon qui permet l'écoulement de l'eau à condition que celui-ci soit amorcé, c'est-à-dire complètement rempli d'eau. On note S la sortie du siphon.

1.1. Le débit de l'eau dans le tuyau est égal à $82,5 \text{ L.s}^{-1}$.

1.1.1. Montrer que la vitesse d'écoulement de l'eau dans le tuyau est voisine de $10,5 \text{ m.s}^{-1}$.

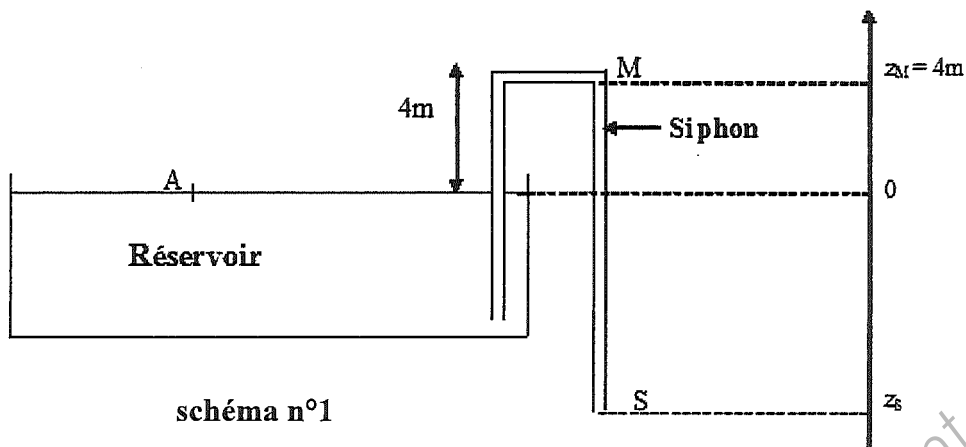
1.1.2. Utiliser l'équation de Bernoulli entre les points A et M pour déterminer la pression p_M de l'eau au point M. On considère que les pertes de charge ainsi que la vitesse en A sont négligeables.

1.1.3. Comparer cette pression p_M à la pression de vapeur saturante de l'eau. Va-t-il se produire un désamorçage par cavitation ?

1.2. Le phénomène de cavitation est également lié à la longueur MS de la conduite. En effet, ce phénomène se produit si la position du point S est trop basse.

En utilisant l'équation de Bernoulli entre les points M et S, pour une pression p_M égale à p_{vs} , déterminer l'altitude z_S minimale du point S permettant d'éviter la cavitation.

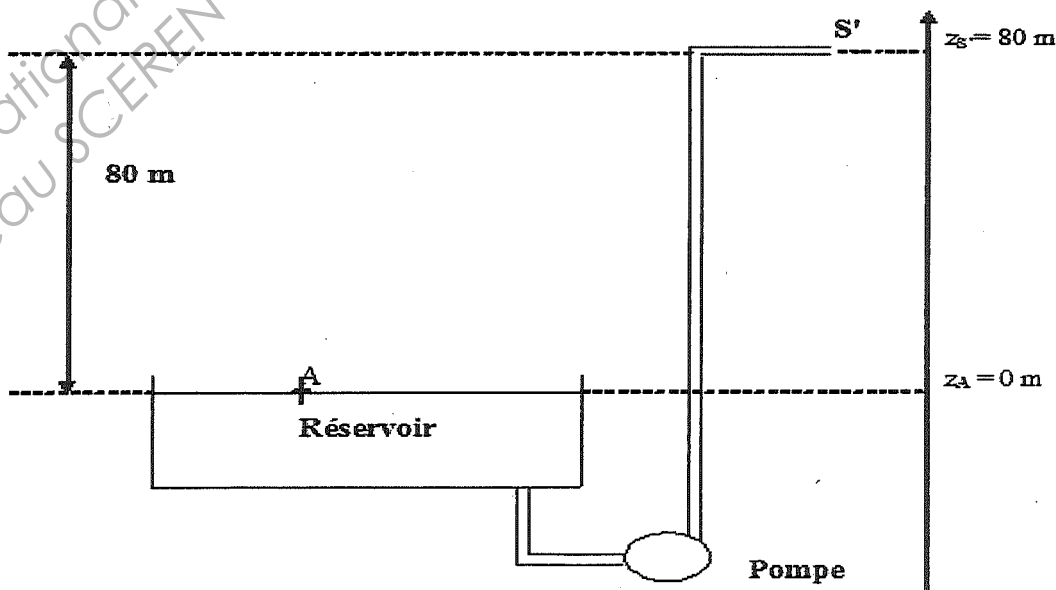
On considère que $p_s = 1,0 \times 10^5 \text{ Pa}$.



2. Utilisation d'une pompe (4 points)

On peut également utiliser une pompe afin d'alimenter une bouche d'incendie située à 80 m au dessus du réservoir. La pompe est montée en charge comme l'indique le schéma n°2. Elle a une puissance électrique de 50 kW et son rendement est de 85%.

- 2.1. Calculer la puissance hydraulique que peut fournir cette pompe.
- 2.2. En supposant les pertes de charge négligeables dans les conduites et la hauteur manométrique totale de la pompe égale à 100 m, calculer le débit volumique de la pompe.
- 2.3. En déduire la vitesse de l'eau v_1 à la sortie S' de la conduite de refoulement de diamètre intérieur 10 cm.
- 2.4. En réalité les pertes de charge dans les canalisations ne sont pas négligeables. On les évalue à 19 m de hauteur de liquide. En utilisant l'équation de Bernoulli entre A et S' , calculer la nouvelle vitesse v_2 de l'eau à la sortie S' .
- 2.5. La pompe est alimentée par un moteur triphasé (230 V, 400 V) dont le facteur de puissance est égal à 0,8. Quelle est alors l'intensité du courant qui le traverse ?



- CHIMIE - (12 points)

Les trois exercices sont indépendants

Exercice I : Teneur en soufre d'un fioul (4,5 points)

Les fiouls lourds sont actuellement classés en trois catégories suivant leur teneur en soufre :

- le fioul lourd TBTS (très basse teneur en soufre) dont la teneur en soufre est inférieure ou égale à 1% en masse.
- le fioul lourd BTS (basse teneur en soufre) dont la teneur en soufre est supérieure à 1% et inférieure ou égale à 2% en masse.
- le fioul lourd HTS (haute teneur en soufre) dont la teneur en soufre est supérieure à 2% et inférieure ou égale à 4% en masse.

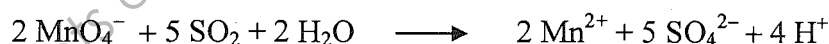
On procède à la combustion complète de $m = 100,0$ g de fioul afin de contrôler sa teneur en soufre. Les produits de cette combustion sont les gaz suivants : le dioxyde de carbone CO_2 , le dioxyde de soufre SO_2 et la vapeur d'eau.

On dissout la totalité du dioxyde de soufre issu de cette combustion dans $V' = 250,0$ mL d'eau distillée. On prélève $V = 50,0$ mL de cette solution que l'on dose avec une solution aqueuse de permanganate de potassium ($\text{K}^+ + \text{MnO}_4^-$) de concentration $C_0 = 0,15$ mol.L⁻¹.

Données :

- Potentiels standard d'oxydoréduction : $E^\circ(\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}) = 1,51$ V et $E^\circ(\text{SO}_4^{2-}/\text{SO}_2) = 0,17$ V.
- Masse molaire atomique du soufre : $M(\text{S}) = 32,1$ g.mol⁻¹.

1. À partir des demi-équations électroniques relatives à chacun des couples rédox mis en jeu lors du dosage, vérifier que l'équation de réaction d'oxydoréduction s'écrit :



2. Le volume de solution de permanganate de potassium versé à l'équivalence est $V_{\text{eq}} = 20,0$ mL.

2.1. Comment repère-t-on l'équivalence de ce dosage ?

2.2. Donner à l'équivalence la relation entre la quantité de matière $n(\text{SO}_2)$ de dioxyde de soufre présente et la quantité de matière $n(\text{MnO}_4^-)$ d'ion permanganate ajoutée.

2.3. Déterminer la concentration C du dioxyde de soufre dans la solution dosée.

2.4. Calculer la quantité de matière de dioxyde de soufre obtenue par la combustion de $m = 100,0$ g de fioul.

2.5. En déduire la quantité de matière de soufre contenue dans 100,0 g de ce fioul.

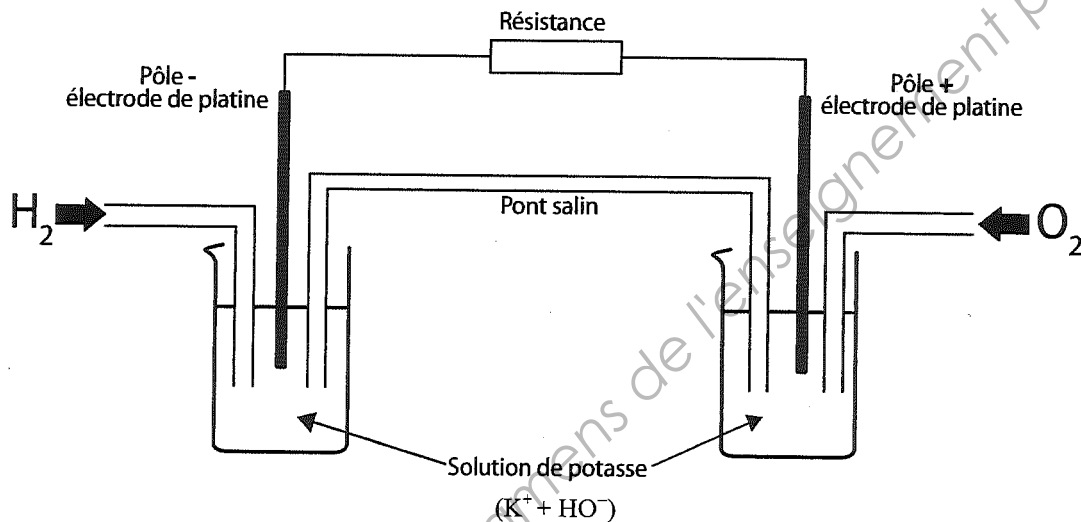
2.6. Calculer le pourcentage massique de soufre dans le fioul contrôlé.

À quelle catégorie ce fioul appartient-il ?

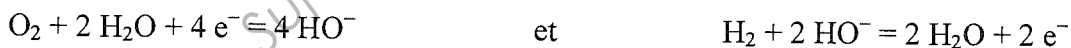
Exercice II : Etude d'un prototype de pile à combustible (3,5 points)

Parmi les solutions technologiques les plus avancées pour réduire les émissions de CO_2 , on trouve les différentes piles à combustible ou pile à hydrogène, source d'énergie non polluante puisqu'elle ne libère dans l'atmosphère que de l'eau.

Principe de fonctionnement : On plonge deux électrodes de platine dans deux béchers contenant une solution de potasse ($\text{K}^+ + \text{HO}^-$) fortement basique. Les deux solutions sont reliées par un pont salin. Le dihydrogène et le dioxygène sont apportés sous forme gazeuse afin d'être mis en contact avec les électrodes de platine.



1. Les demi-équations électroniques des couples $\text{O}_2(\text{g})/\text{HO}^-$ et $\text{H}_2\text{O}(\text{l})/\text{H}_2(\text{g})$ mis en jeu dans cette pile sont :



En écrivant l'équation de la réaction, montrer que cette pile ne libère que de l'eau.

2. La relation de Nernst pour le couple $\text{H}_2\text{O}(\text{l})/\text{H}_2(\text{g})$ s'écrit :

$$E_{(\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2)} = -0,83 + \frac{0,06}{2} \times \log \left(\frac{1}{[\text{HO}^-]^2 \times \frac{p(\text{H}_2)}{p_0}} \right)$$

Établir par analogie la relation de Nernst pour le couple $\text{O}_2(\text{g})/\text{OH}^-$.

Données :

- $E^0(\text{H}_2\text{O}(\text{l})/\text{H}_2) = -0,83 \text{ V}$; $E^0(\text{O}_2(\text{g})/\text{OH}^-) = 0,40 \text{ V}$
- Pression de référence : $p_0 = 1 \text{ bar}$

3. En déduire l'expression de la force électromotrice de cette pile. Vérifier que sa valeur est constante et égale à 1,23 V lorsque $p(\text{O}_2) = p(\text{H}_2) = 1 \text{ bar}$.

Exercice III : Etude d'un biocarburant (4 points)

Les biocarburants permettent d'utiliser le cycle naturel du carbone sans brûler les énergies fossiles stockées dans les profondeurs de la Terre.

C'est le cas de l'éthanol obtenu par fermentation des sucres issus de la culture de betteraves.

1. L'éthanol a pour formule brute C_2H_6O . Préciser sa fonction chimique. Donner sa formule semi-développée ainsi que sa classe.

2. Écrire l'équation de la combustion complète de l'éthanol avec le dioxygène.

3. On brûle 13 kg d'éthanol avec du dioxygène.

3.1. Déterminer la quantité de matière de dioxygène qu'il faut utiliser pour que la réaction se fasse dans les conditions stœchiométriques.

3.2. En déduire le volume de dioxyde de carbone obtenu.

Données :

- Volume molaire : $V_m = 24 \text{ L.mol}^{-1}$
- Masses molaires atomiques : $M(O) = 16 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(H) = 1 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(C) = 12 \text{ g.mol}^{-1}$

4. Une synthèse chimique de l'éthanol est possible par hydratation d'un alcène.

4.1. Donner le nom et la formule semi-développée de cet alcène.

4.2. Écrire l'équation de la réaction correspondante.