

**BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR**  
**HYGIÈNE / PROPRETÉ / ENVIRONNEMENT**  
**SESSION 2010**

**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.**

**Le sujet est en recto verso.**

**Il sera tenu compte de la présentation.**

**CALCULATRICE AUTORISÉE**

**Calculatrice conformément à la circulaire n°99-186 du 16/11/1999**

*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.*

<b>BTS HYGIENE PROPLETE ET ENVIRONNEMENT</b>		
<b>Session 2010</b>	<b>Sciences Physiques</b>	<b>HPE1SC</b>
<b>Coefficient : 3</b>	<b>Durée : 2 heures</b>	<b>Page : 1/6</b>

## EXERCICE 1 : MECANIQUE DES FLUIDES (8 points)

### Lu sur un site Internet :

Les nettoyeurs haute pression sont nettement plus efficaces qu'un tuyau d'arrosage car l'eau est appliquée à haute pression.

Un nettoyeur haute pression consomme entre 400 et 600 litres d'eau par heure, une économie d'environ 90 % en comparaison avec un tuyau d'arrosage, qui consomme jusqu'à 3500 litres d'eau par heure.

Certains nettoyeurs haute pression peuvent être utilisés sans être raccordés au réseau. En effet, grâce à un tuyau d'aspiration avec clapet anti-retour, il est possible de pomper de l'eau depuis une cuve ou une citerne.

On donne :

- Masse volumique de l'eau :  $\rho = 1000 \text{ kg.m}^{-3}$
- Intensité de la pesanteur :  $g = 9,8 \text{ N.kg}^{-1}$
- Pression atmosphérique :  $p_0 = 1,0 \times 10^5 \text{ Pa}$
- D'après le théorème de Bernoulli, l'écoulement d'un liquide d'un niveau  $z_1$  vers un niveau  $z_2$ , à travers une pompe, est régi par la relation :

$$\frac{p_1}{\rho g} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} - J + H_t = \frac{p_2}{\rho g} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g}$$

$p_1$ ,  $p_2$  et  $v_1$ ,  $v_2$  représentent respectivement les pressions et les vitesses aux niveaux  $z_1$  et  $z_2$ ,

$J$  représente l'ensemble des pertes de charge, exprimé en m, entre les niveaux  $z_1$  et  $z_2$ ,

$H_t$  représente la hauteur manométrique totale de la pompe.

Le point C de la surface libre de l'eau, contenue dans un bac récupérateur d'eaux de pluie, est situé à 4,5 m au dessus du sol. Il alimente un robinet D, situé à 80 cm de hauteur sur le mur extérieur d'une maison, par l'intermédiaire d'une canalisation de 2,0 cm de diamètre (voir schéma 1).

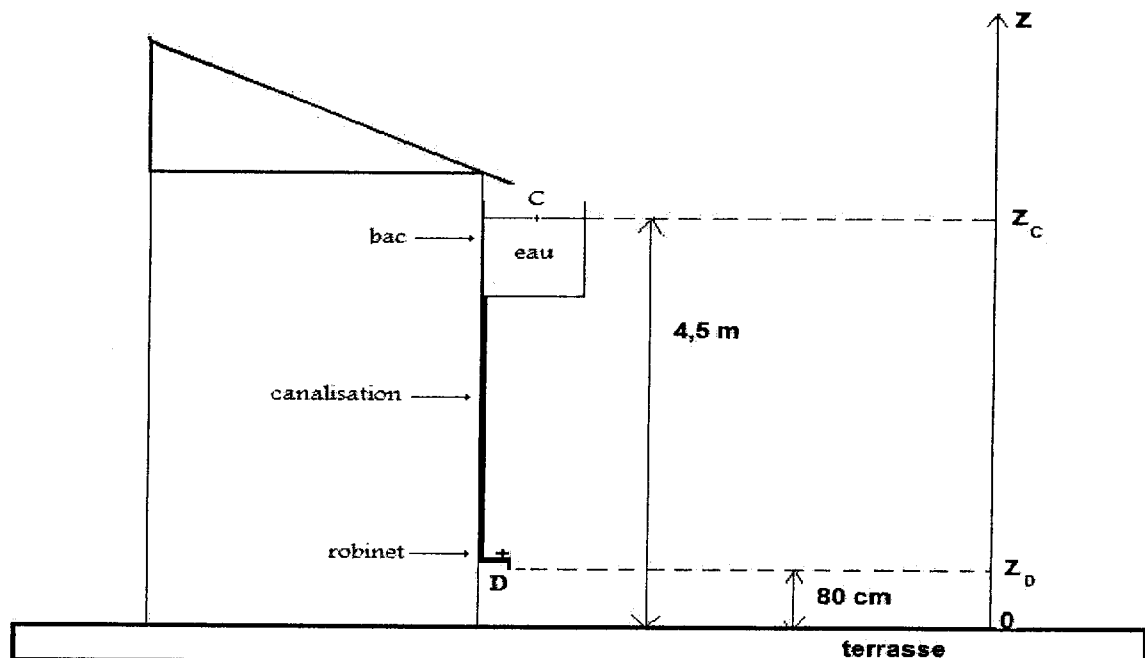


Schéma 1

1. Calculer la pression de l'eau au niveau du robinet D fermé.

2. Pour nettoyer la terrasse de la maison, ce robinet alimente une lance à eau par l'intermédiaire d'un tuyau (voir schéma 2). La sortie E de la lance, située à 40 cm au dessus du sol, a une section S de 1,2 cm<sup>2</sup>.

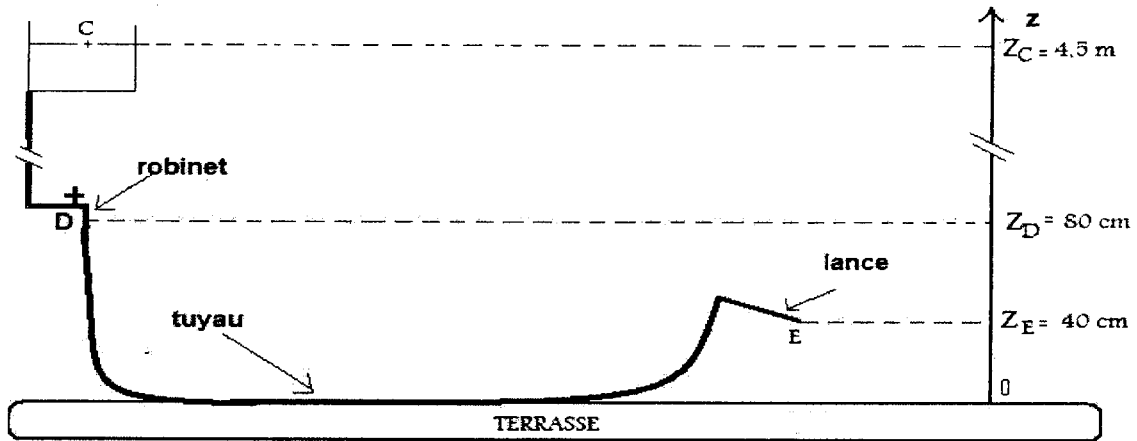
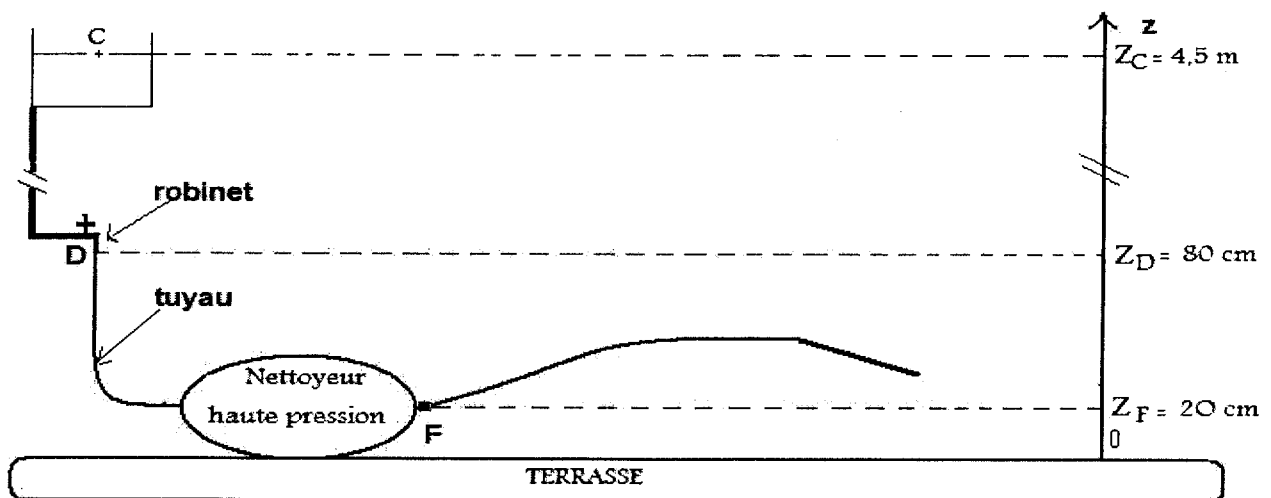


Schéma 2

On considère les pertes de charge totales entre les points C et E équivalentes à  $J = 1,1$  m et les dimensions du bac récupérateur telles que la vitesse d'écoulement au point C est nulle. En utilisant l'équation de Bernoulli entre les points C et E :

- 2.1. Calculer la vitesse  $v_E$  de l'eau à la sortie de la lance.
- 2.2. Calculer, en  $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , le débit volumique de l'eau à la sortie de la lance.
- 2.3. Exprimer ce débit en  $\text{L} \cdot \text{h}^{-1}$ . Cette valeur est-elle en accord avec les données du texte lues sur le site Internet ?

3. Afin d'assurer un nettoyage plus efficace de la terrasse, on relie maintenant un nettoyeur haute pression au robinet D par l'intermédiaire d'un tuyau de 2,0 cm de diamètre (voir schéma 3).



### Schéma 3

- 3.1. Le débit volumique constant étant réglé à  $500 \text{ L.h}^{-1}$ , calculer le volume d'eau consommé pour une durée d'utilisation du nettoyeur de 25 minutes.
- 3.2. Déterminer la vitesse d'écoulement du fluide dans le tuyau.
- 3.3. La pression  $p_F$  à la sortie F du nettoyeur, située à 20 cm au dessus du sol, est égale à  $55 \times 10^5 \text{ Pa}$  et les pertes de charge totales entre les points C et F sont de 1,8 m. Montrer en appliquant l'équation de Bernoulli entre ces deux points que la hauteur manométrique totale de la pompe du nettoyeur haute pression est d'environ 548 m.
- 3.4. Déduire la puissance utile de ce nettoyeur.
- 3.5. Le rendement de cet appareil est égal à 0,70. Déterminer la puissance électrique absorbée.

## EXERCICE 2 : ÉTUDE DU SULFURE D'HYDROGENE (8 points)

Le sulfure d'hydrogène  $H_2S$  ou hydrogène sulfuré est, dans les conditions usuelles de pression et température, un gaz très toxique ayant une odeur désagréable d'œuf pourri. Les pictogrammes caractérisant les risques liés à son utilisation sont :



Gaz toxique



Gaz inflammable

Ce gaz peut s'accumuler dans les réseaux d'assainissement et corroder les tuyaux qu'ils soient en béton ou en métal. Il peut faire suffoquer les égoutiers qui doivent respecter des règles de sécurité très strictes lors de leurs interventions.

En juillet 2009, sur les plages bretonnes, un cheval est mort des suites d'inhalation de sulfure d'hydrogène provenant de la décomposition d'algues vertes.

**Les trois parties de l'exercice sont indépendantes.**

### Partie I : Solubilité du sulfure d'hydrogène

A  $20\text{ }^\circ\text{C}$ , sous une pression de 1,0 bar, on peut dissoudre au maximum  $m = 0,50\text{ g}$  de sulfure d'hydrogène dans un volume d'eau  $V_{\text{eau}} = 100\text{ mL}$ . La masse molaire de  $H_2S$  est  $M = 34\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ .

1.1. Définir la solubilité.

1.2. En fonction des données de l'énoncé, calculer la solubilité  $s$  du sulfure d'hydrogène en  $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ .

1.3. On fait barboter, sous une pression de 1,0 bar et à  $20\text{ }^\circ\text{C}$ , un volume gazeux  $V = 2,0\text{ L}$  de sulfure d'hydrogène dans un bécher contenant  $V_0 = 250\text{ mL}$  d'eau. Dans les conditions de l'expérience, le volume molaire gazeux est  $V_M = 24,4\text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}$ . Montrer que le gaz n'est pas entièrement dissout.

### Partie II : Propriétés acides du sulfure d'hydrogène

Le sulfure d'hydrogène est un diacide. Les deux couples acide/base intervenants  $H_2S/HS^-$  et  $HS^-/S^{2-}$  ont pour  $pK_a$  respectifs  $pK_{a1} = 7,0$  et  $pK_{a2} = 13,0$ .

2.1. Pourquoi l'ion hydrogénosulfure  $HS^-$  est-il une espèce ampholyte ?

2.2. On prépare une solution aqueuse de sulfure d'hydrogène.

2.2.1. Établir, sur une échelle horizontale de pH, le diagramme de prédominance des espèces de ces deux couples acide /base.

2.2.2. En déduire l'espèce majoritaire sachant que le pH de la solution est 4,2.

2.3. Pour un couple acide/base donné, la relation entre le pH de la solution et le  $pK_a$  de ce couple s'écrit :  $\text{pH} = \text{pK}_a + \log \frac{[\text{base}]}{[\text{acide}]}$ .

En déduire les valeurs des rapports  $\frac{[HS^-]}{[H_2S]}$  et  $\frac{[S^{2-}]}{[HS^-]}$  dans cette solution de  $\text{pH} = 4,2$ .

2.4. Sans calcul supplémentaire, les résultats précédents sont-ils en accord avec votre réponse à la question 2.2.2.

### Partie III : Dosage du sulfure d'hydrogène par oxydoréduction

Les propriétés réductrices du sulfure d'hydrogène peuvent être utilisées pour déterminer, à l'aide d'un dosage, sa concentration en solution.

Pour cela, on place dans un erlenmeyer un volume  $V_1 = 20,0$  mL d'une solution de sulfure d'hydrogène  $H_2S$  de concentration molaire inconnue  $c_1$ . On ajoute progressivement à l'aide d'une burette graduée, une solution aqueuse de diiode  $I_2$  de concentration molaire  $c_2 = 2,5 \times 10^{-2}$  mol.L<sup>-1</sup>. Pour un volume versé  $V_2 = 16,5$  mL, la coloration du diiode ne disparaît plus ce qui correspond à l'équivalence.

- 3.1. Ecrire les demi-équations électroniques des couples  $S/H_2S$  et  $I_2/I^-$ .
- 3.2. En déduire l'équation de la réaction entre  $H_2S$  et  $I_2$ .
- 3.3. Calculer, à partir de la relation à l'équivalence, la concentration molaire  $c_1$ .

### EXERCICE 3 : LA TAXE CARBONE (4 points)

L'exercice a pour objet de déterminer le surcoût que devrait acquitter un consommateur pour l'utilisation d'un litre d'essence par paiement d'une taxe carbone. Les carburants contiennent un mélange d'alcane dont la chaîne carbonée peut contenir de 5 à 8 atomes de carbone. On fait l'hypothèse simplificatrice que l'essence utilisée est constituée uniquement d'heptane de formule moléculaire  $C_7H_{16}$ .

1. Ecrire la formule semi-développée de l'isomère de l'heptane à chaîne linéaire.
2. Ecrire l'équation de la réaction de combustion, supposée complète, de l'heptane avec le dioxygène  $O_2$  de l'air sachant qu'il se forme du dioxyde de carbone et de l'eau.
3. Montrer que la quantité de matière d'heptane contenue dans 1,0 L d'essence est égale à 6,8 mol. La masse volumique de l'essence est  $\rho = 0,68$  g.cm<sup>-3</sup> et les masses molaires atomiques des éléments carbone et hydrogène sont  $M(H) = 1$  g.mol<sup>-1</sup> et  $M(C) = 12$  g.mol<sup>-1</sup>.
4. A partir de l'équation de combustion, calculer la quantité de matière et la masse de  $CO_2$  dégagé lors de la combustion complète de 1,0 L d'essence. Les masses molaires atomiques des éléments carbone et oxygène sont  $M(C) = 12$  g.mol<sup>-1</sup> et  $M(O) = 16$  g.mol<sup>-1</sup>.
5. Pour une taxe carbone fixée à 17 € la tonne de  $CO_2$  dégagé, en déduire le surcoût que devrait payer le consommateur pour l'utilisation de 1,0 L d'essence. On rappelle que 1 tonne =  $10^3$  kg.