



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 2012

SCIENCES PHYSIQUES

SESSION 2012

—————
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 (Cirulaire n°99-186, 16/11/1999)

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Le sujet se compose de 7 pages, numérotées de 1/7 à 7/7.

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

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

BTS Hygiène Propreté et Environnement		Session 2012
Sciences-Physiques	HPE1SC	Page : 1/7

- CHIMIE - (11,5 points)

Les trois exercices sont indépendants

Exercice 1 : Poudre à récurer (4,25 points)

Les parties 1 et 2 sont indépendantes.

On souhaite récurer une surface à l'aide d'une poudre abrasive douce, appelée « bicarbonate de soude », constituée d'hydrogénocarbonate de sodium, de formule NaHCO_3 .

La dissolution de l'hydrogénocarbonate de sodium dans l'eau est modélisée par la réaction d'équation : $\text{NaHCO}_3(s) = \text{Na}^+_{(aq)} + \text{HCO}_3^-_{(aq)}$

1. La notice recommande de dissoudre 13 g de poudre dans 250 mL d'eau.
 - 1.1. Calculer la concentration molaire de chacun des ions Na^+ et HCO_3^- en supposant que la totalité du solide se dissout.
On donne les masses molaires atomiques suivantes :
 $M(\text{H}) = 1 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(\text{C}) = 12 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(\text{O}) = 16 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(\text{Na}) = 23 \text{ g.mol}^{-1}$.
 - 1.2. Exprimer la constante de solubilité K_s de l'hydrogénocarbonate de sodium en fonction de la solubilité s .
 - 1.3. À 20 °C, la solubilité s étant égale à $1,04 \text{ mol.L}^{-1}$, déterminer la valeur de K_s .
 - 1.4. En comparant le produit ionique $[\text{Na}^+].[\text{HCO}_3^-]$ à K_s , l'hypothèse émise à la question 1.1 est-elle validée ?
2. L'ion hydrogénocarbonate HCO_3^- est l'espèce acide du couple $\text{HCO}_3^- / \text{CO}_3^{2-}$.
 - 2.1. Écrire l'équation de la réaction de cet acide avec l'eau.
 - 2.2. Donner l'expression de la constante d'acidité K_A du couple $\text{HCO}_3^- / \text{CO}_3^{2-}$. À partir de celle-ci, exprimer le pH de la solution en fonction du $\text{p}K_A$ et des concentrations des espèces HCO_3^- et CO_3^{2-} .
 - 2.3. Tracer, en fonction du pH, le diagramme de prédominance des espèces HCO_3^- et CO_3^{2-} . On donne : $\text{p}K_A(\text{HCO}_3^- / \text{CO}_3^{2-}) = 10,3$.
 - 2.4. À 20 °C, le pH de la solution de poudre à récurer préparée est égal à 8,3. Quelle est l'espèce prédominante ?

Exercice 2 : Étude d'un berlingot d'eau de Javel (3,75 points)

Les parties 1 et 2 sont indépendantes.

L'eau de Javel est une solution oxydante fréquemment utilisée comme désinfectant ou comme décolorant.

Cette solution, mélange de solutions de chlorure de sodium ($\text{Na}^+ + \text{Cl}^-$) et d'hypochlorite de sodium ($\text{Na}^+ + \text{ClO}^-$), est obtenue par dissolution de dichlore Cl_2 gazeux dans une solution de soude ($\text{Na}^+ + \text{OH}^-$) en excès.

L'équation de la réaction est : $\text{Cl}_2 + 2 \text{OH}^- = \text{ClO}^- + \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$ (I)

On dispose d'un berlingot contenant 250 mL d'eau de Javel dont le pH est égal à 12.

1. Étude de la réaction (I)

1.1. Écrire la demi-équation électronique du couple $\text{Cl}_2 / \text{Cl}^-$.

1.2. Montrer que la demi-équation électronique du couple $\text{ClO}^- / \text{Cl}_2$ s'écrit en milieu basique : $2 \text{ClO}^- + 2 \text{H}_2\text{O} + 2e^- = \text{Cl}_2 + 4 \text{OH}^-$

1.3. À pH = 12, les potentiels d'oxydoréduction des couples ont pour valeurs : $E(\text{Cl}_2 / \text{Cl}^-) = 1,4 \text{ V}$ et $E(\text{ClO}^- / \text{Cl}_2) = 1,0 \text{ V}$.
En déduire l'équation de la réaction d'oxydoréduction qui a lieu entre les deux couples et vérifier que l'on retrouve l'équation (I).

2. Quantité de dichlore nécessaire à la préparation d'un berlingot d'eau de Javel commercial

Aujourd'hui, le titre officiel définissant la concentration de l'eau de Javel est le pourcentage de chlore actif noté % c.a. Il correspond au pourcentage en masse d'élément chlore Cl ($m(\text{Cl})$) apporté par l'ion Cl^- et l'ion ClO^- dans l'échantillon d'eau de Javel de masse $m(\text{solution})$: $\% \text{ c.a.} = \frac{m(\text{Cl})}{m(\text{solution})} \times 100$.

Sur le berlingot utilisé précédemment est portée l'inscription : 9,6 % c.a.

2.1. On place le berlingot plein sur une balance et on mesure une masse $m = 305,0 \text{ g}$.

On pèse ensuite le sachet vide du berlingot et on trouve une masse $m' = 10,6 \text{ g}$.
En déduire la masse de la solution d'eau de Javel notée $m(\text{solution})$ contenue dans ce berlingot.

2.2. À partir de l'inscription 9,6 % c.a., calculer la masse $m(\text{Cl})$ en élément chlore contenue dans les 250 mL d'eau de Javel.

2.3. Sachant que la masse molaire atomique du chlore est $M(\text{Cl}) = 35,5 \text{ g.mol}^{-1}$, en déduire la quantité de matière $n(\text{Cl})$ en élément chlore contenue dans le berlingot.

- 2.4. En utilisant l'équation (I) et la conservation de l'élément chlore qui s'écrit $n(\text{Cl}) = n(\text{Cl}^-) + n(\text{ClO}^-)$, vérifier que la relation entre la quantité de matière $n(\text{Cl})$ calculée précédemment et la quantité de dichlore $n(\text{Cl}_2)$ dissoute dans la solution de soude est : $n(\text{Cl}) = 2n(\text{Cl}_2)$.
- 2.5. Déterminer dans les conditions normales de température et de pression, le volume de dichlore gazeux nécessaire à la préparation du berlingot de 250 mL. On prendra le volume molaire normal d'un gaz égal à $22,4 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}$.
- 2.6. Montrer que ce berlingot aurait pu porter l'inscription $36 \text{ }^\circ\text{Chl}$, sachant qu'on appelle degré chlorométrique ($^\circ\text{Chl}$) d'une eau de Javel le volume en litre de dichlore gazeux, mesuré dans les conditions normales de température et de pression, absorbé lors de la préparation d'un litre de solution selon la réaction (I).

Exercice 3 : Un gaz à effet de serre (3,5 points)

Le dioxyde de carbone est un des gaz responsables de «l'effet de serre». Le fonctionnement des moteurs d'automobile est l'une des causes importantes de rejet de CO_2 dans l'atmosphère.

Un site d'information sur les modalités d'obtention de la carte grise d'un véhicule a réalisé une étude chimique des émissions de CO_2 à partir de plusieurs carburants.

Dans cette étude, l'essence est considérée comme constituée d'octane de masse molaire $M = 114 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

1. Vérifier que la formule brute de l'octane est C_8H_{18} sachant que les masses molaires atomiques sont $M(\text{H}) = 1 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ et $M(\text{C}) = 12 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.
2. Donner la formule semi-développée de l'octane.
3. Donner la formule semi-développée d'un des isomères de l'octane. Le nommer.
4. Un réservoir d'automobile contient 40 L d'essence, soit une masse de 27 kg environ d'octane. Quelle est la quantité de matière d'octane correspondant à un plein d'essence ?
5. Donner l'équation de la combustion complète de l'octane.
6. Calculer le volume de CO_2 rejeté dans l'atmosphère par la combustion de la totalité de l'octane contenu dans le réservoir. Le volume molaire d'un gaz sera pris égal à $25 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}$.

- PHYSIQUE - (8,5 points)

SYSTÈME D'ALIMENTATION DE RADIATEURS

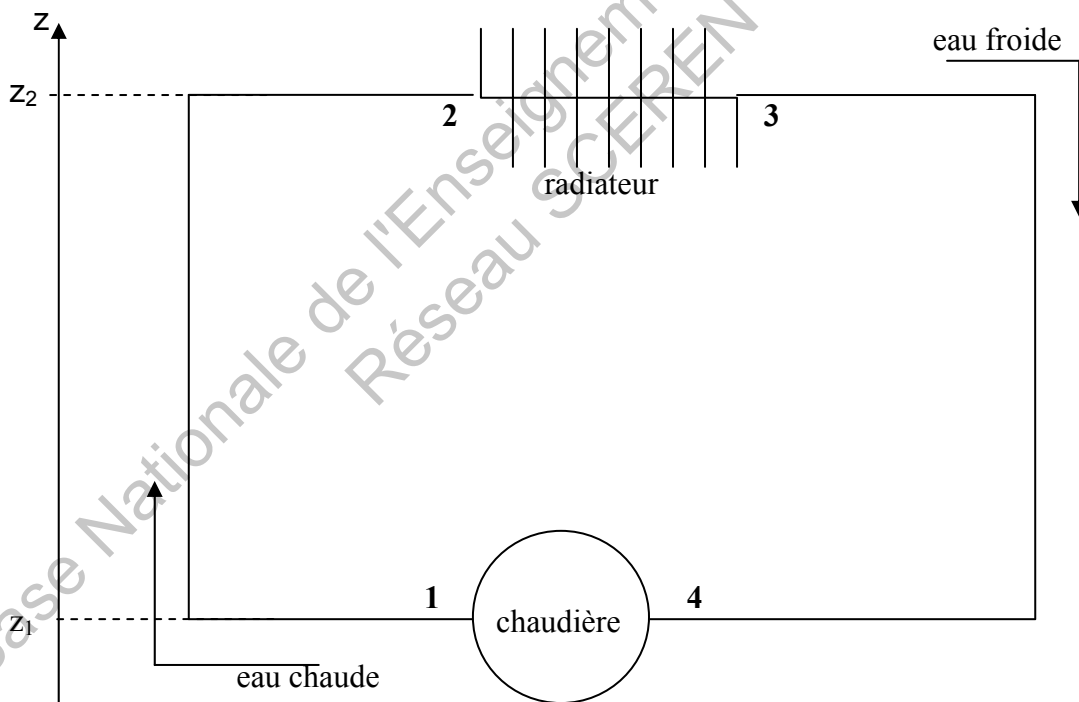
Les quatre parties sont indépendantes

Données pour l'ensemble du sujet de physique :

- Masse volumique de l'eau : $\rho = 1,0 \times 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$
- Intensité de la pesanteur : $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$
- Équation de Bernoulli pour un fluide, de masse volumique ρ , en écoulement permanent d'un point 1 vers un point 2 d'un circuit contenant une pompe de hauteur manométrique totale H_p , les pertes de charge étant notées J_{12} :

$$\frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g z_1 + p_1 - \rho g J_{12} + \rho g H_p = \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g z_2 + p_2$$

On considère le schéma suivant représentant l'alimentation d'un radiateur en eau chaude par une chaudière située dans les sous-sols.



L'eau est chauffée par la chaudière à une température de $70 \text{ }^\circ\text{C}$ qui reste constante lors de sa circulation jusqu'au radiateur. À la sortie du radiateur, sa température n'est plus que de $50 \text{ }^\circ\text{C}$ qu'elle conserve jusqu'au retour à la chaudière.

On notera que les diamètres des canalisations sont constants et égaux.

1. Statique des fluides

Quand la chaudière ne fonctionne pas, l'eau ne circule pas dans le circuit. Sa température et sa masse volumique ρ sont alors uniformes dans les canalisations.

- 1.1. Exprimer la différence de pression de l'eau entre la chaudière et le radiateur, notée $p_1 - p_2$, en fonction de z_1, z_2, g et ρ .
- 1.2. Calculer cette différence de pression pour $z_2 - z_1 = 3,2$ m.

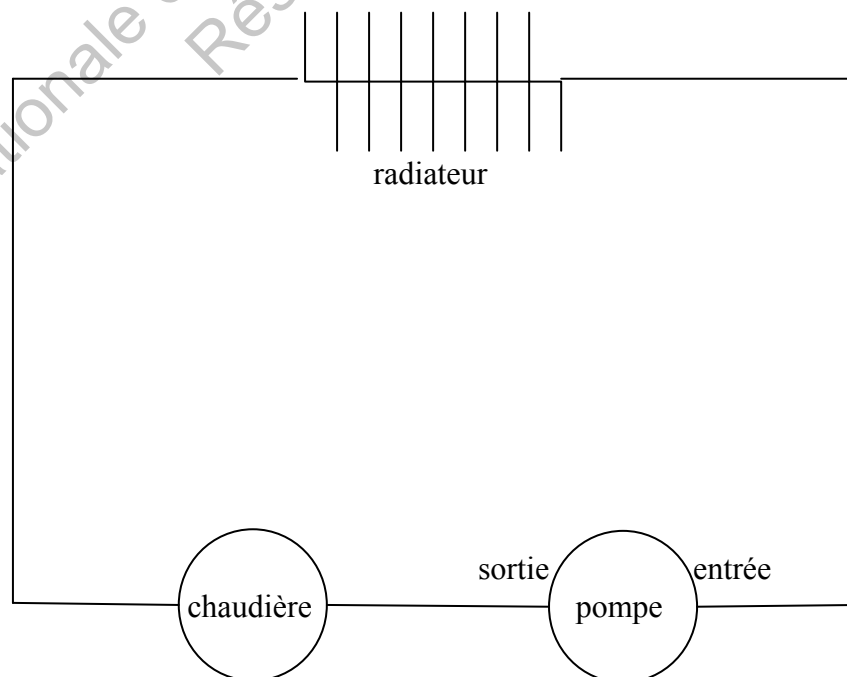
2. Dynamique des fluides

L'eau est maintenant en mouvement.

- 2.1. Que peut-on dire des vitesses v_1 et v_2 aux points 1 et 2 de la canalisation ? Pourquoi ?
- 2.2. En utilisant l'équation de Bernoulli pour l'eau chaude circulant entre les points 1 et 2, exprimer la pression p_2 en fonction de g, ρ, z_1, z_2, p_1 et J_{12} .
- 2.3. En considérant que les pertes de charge J_{12} sont négligeables et $p_1 = 130\,000$ Pa, calculer p_2 pour $z_2 - z_1 = 3,2$ m.

3. Dynamique des fluides avec pertes de charge

On considère le circuit suivant composé de la chaudière, d'un radiateur et d'une pompe de circulation reliés par une tuyauterie de diamètre $D = 2,0 \times 10^{-2}$ m et de longueur totale 75 m.



3.1. Calculer la vitesse v du fluide dans la tuyauterie sachant que le débit constant vaut $Q_v = 0,20 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$.

3.2. Vérifier que la perte de charge totale du circuit vaut 1,69 m.

Pour cela, on considère que :

- la perte de charge linéique par mètre de canalisation est donnée par :

$$j = \frac{\lambda v^2}{2Dg} \text{ où } \lambda = 0,02 \text{ est le coefficient de perte de charge linéique,}$$

- la perte de charge causée par la chaudière est donnée par :

$$Z_c = K_c \frac{v^2}{2g} \text{ où } K_c = 5 \text{ est le coefficient de perte de charge singulière,}$$

- la perte de charge causée par le radiateur est donnée par :

$$Z_r = K_r \frac{v^2}{2g} \text{ où } K_r = 1 \text{ est le coefficient de perte de charge singulière.}$$

3.3. En utilisant l'équation de Bernoulli, montrer que H_p vaut 1,69 m.

4. Étude du groupe motopompe

La pompe est de faible puissance et fonctionne en permanence.

4.1. Calculer la puissance hydraulique que doit fournir la pompe au circuit en conservant le débit et la hauteur manométrique donnés dans les questions 3.1 et 3.3.

4.2. Ce groupe motopompe fonctionne avec un rendement $\eta = 0,6$. Calculer la puissance électrique absorbée.

4.3. La pompe est alimentée par un moteur monophasé 230 V dont le facteur de puissance est égal à 0,8. Quelle est alors l'intensité du courant qui le traverse ?

4.4. Quelle est la dépense journalière pour le fonctionnement de ce moteur sachant que 1 kWh coûte 0,1293 euros ?