

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR
HYGIÈNE/PROPRETÉ/ENVIRONNEMENT
SESSION 2005

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.

L'usage de la calculatrice est autorisé.

Les deux parties sont indépendantes.

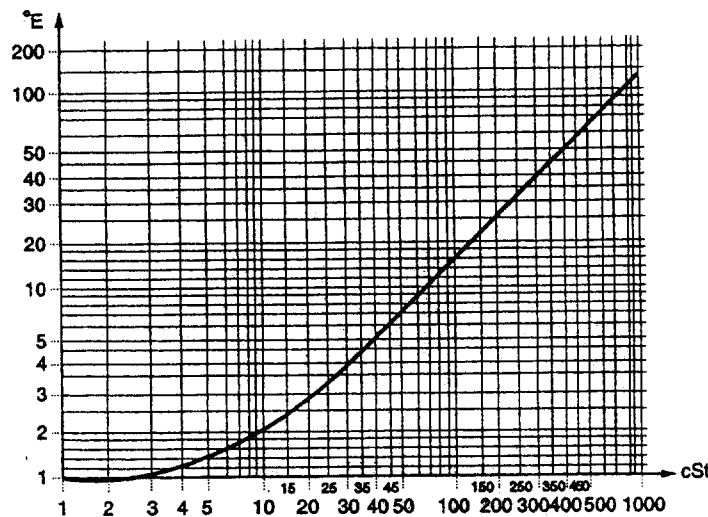
Partie I : VISCOSITÉ D'UNE LESSIVE ET RÉGIME D'ÉCOULEMENT

Le régime d'écoulement d'une lessive dans une canalisation dépend de sa viscosité cinématique ν .

Pour la déterminer, on utilise le viscosimètre Engler qui permet de mesurer le temps t_{fluide} que mettent 200 mL du liquide étudié pour s'écouler à travers un tube calibré à 50°C et le temps t_{eau} que mettent 200 mL d'eau dans les mêmes conditions.

La viscosité ν exprimée en degré Engler (°E) est donnée par la relation $\nu = \frac{t_{\text{fluide}}}{t_{\text{eau}}}$.

Le diagramme ci-dessous permet de passer du degré Engler à l'unité de viscosité en centistokes (cSt).



- Le nombre de Reynolds R_e est défini par $R_e = \frac{vd}{\nu}$ avec :

v vitesse du fluide en $m.s^{-1}$

d diamètre de la canalisation en m

et ν viscosité cinématique en $m^2.s^{-1}$ ($1cSt = 10^{-6} m^2.s^{-1}$).

- Le type du régime d'écoulement est caractérisé par :

si $R_e \leq 1600$ le régime est laminaire et le coefficient de pertes est $K = \frac{64}{R_e}$

si $1600 < R_e < 2400$ le régime est transitoire

si $R_e \geq 2400$ le régime est turbulent et le coefficient de pertes est $K = \frac{0,316}{4\sqrt{R_e}}$

- Les pertes de charge dans une conduite, exprimées en Pa : $\Delta p = K \frac{L \rho v^2}{2d}$ avec L la longueur de la conduite en m et ρ la masse volumique de la lessive.

1°/ Le viscosimètre Engler fournit les mesures suivantes : $t_{\text{fluide}} = 229$ s et $t_{\text{eau}} = 51$ s.

- Calculer la viscosité cinématique ν en degré Engler de la lessive.
- Exprimer la viscosité en centistokes, puis dans les unités du système international.

2°/ L'écoulement de la lessive se fait dans les conditions suivantes :

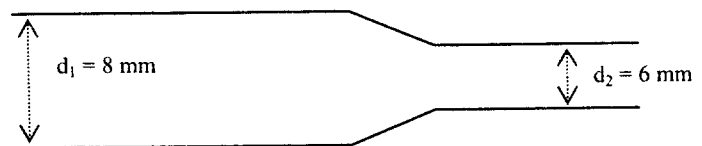
- vitesse d'écoulement $v_1 = 5 \text{ m.s}^{-1}$.
- masse volumique de la lessive $\rho = 1,1 \cdot 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$.
- diamètre de la canalisation $d_1 = 8 \text{ mm}$.

- Calculer le nombre de Reynolds R_e .
- Caractériser le type d'écoulement. Correspond-il à un écoulement souhaité dans une canalisation ?

3°/ Pour des raisons pratiques, on prend un nombre de Reynolds R_e égal à 1150. L'écoulement se fait dans les mêmes conditions qu'à la question 2°/.

- Calculer le coefficient K de pertes de charge arrondi à 10^{-4} près.
- Calculer les pertes de charge Δp pour une conduite de 20 cm de long.

4°/ A la sortie de la conduite précédente se trouve un étranglement (schéma ci-dessous).



- Calculer la vitesse v_2 de la lessive à la sortie de l'étranglement. On rappelle que $v_1 = 5 \text{ m.s}^{-1}$.
- Le régime d'écoulement est-il laminaire à la sortie de l'étranglement ? Justifier.

Partie II : VAPORISATEUR À AIR COMPRIMÉ

On se propose d'étudier le principe d'un pistolet à lessive appelé aussi vaporisateur fonctionnant à l'air comprimé.

Données :

Masse volumique de l'air $\rho_{\text{air}} = 1,29 \text{ kg.m}^{-3}$

Vitesse de l'air comprimé en A : $v_A = 140 \text{ m.s}^{-1}$

Invariant de Bernoulli : $p + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho g z = \text{cte}$

On considère qu'à la vitesse considérée, l'invariant de Bernoulli est encore valable.

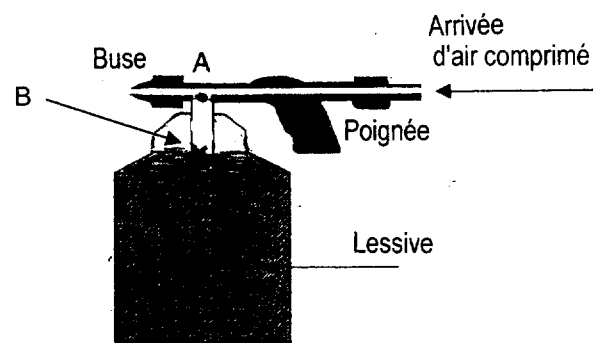


Schéma de principe

- 1°/ L'emploi du mot "vaporisateur" est-il justifié ?
- 2°/ Pour amorcer le vaporisateur, il faut créer une différence de pression $\Delta p = p_B - p_A$ entre les points B et A supérieure à 10^4 Pa . Vérifier que la condition d'amorçage est respectée, en considérant que la vitesse en B est négligeable et que les hauteurs de A et B sont très voisines.

CHIMIE (13 points)

Exercice I : COMMENT ABAISSER LE PH DES EAUX DE PISCINE ? (7,5 points)

L'hydrogénosulfate de sodium est un solide ionique de formule NaHSO_4 . Très soluble dans l'eau, il est utilisé pour abaisser le pH des eaux de piscines. On souhaite :

- expliquer le rôle de l'ion hydrogénosulfate HSO_4^- dans la diminution du pH des eaux de piscine ;
- déterminer le pourcentage massique d'hydrogénosulfate de sodium présent dans une poudre commerciale supposée ne contenir que l'ion hydrogénosulfate HSO_4^- comme espèce acide.

Données : $\text{pKa}_1 (\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}/\text{HCO}_3^-) = 6,9$ $\text{pKa}_2 (\text{HSO}_4^-/\text{SO}_4^{2-}) = 1,9$

Les masses molaires atomiques en $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$: $M(\text{H}) = 1$ $M(\text{O}) = 16$ $M(\text{Na}) = 23$ $M(\text{S}) = 32$

- 1°/ On considère que l'augmentation du pH d'une eau de piscine est due principalement à la réaction entre les ions hydrogénocarbonate HCO_3^- et l'eau. Ecrire l'équation de la réaction correspondante. Expliquer qualitativement pourquoi le pH augmente.
- 2°/ Écrire l'équation de dissolution dans l'eau de l'hydrogénosulfate de sodium solide. On suppose que cette réaction est totale.
- 3°/ Étude de la réaction entre les ions hydrogénosulfate HSO_4^- et les ions hydrogénocarbonate HCO_3^- .
 - a) Ecrire l'équation de la réaction acide/base entre ces deux espèces.
 - b) Expliciter les constantes d'équilibre K_{a1} et K_{a2} . Calculer la constante d'équilibre K de la réaction du a). Que peut-on en déduire sur le caractère de la réaction ?
 - c) Expliquer qualitativement pourquoi l'ajout d'hydrogénosulfate de sodium permet une diminution du pH.
- 4°/ Étude de la poudre commerciale d'hydrogénosulfate de sodium.

On prépare une solution (S_0) en prélevant 2,00 g de poudre commerciale que l'on dissout dans un volume $V_0 = 100,0$ mL de solution. On prélève un volume $V = 10,0$ mL de solution S_0 que l'on dose par une solution d'hydroxyde de sodium de concentration molaire volumique $C_B = 0,100$ mol.L⁻¹. L'équivalence est obtenue pour un volume de soude versé $V_{BE} = 14,8$ mL.

 - a) Écrire l'équation de la réaction du dosage de la solution d'hydrogénosulfate de sodium, par la solution d'hydroxyde de sodium.

- b) Cette réaction étant supposée totale, calculer, à partir de la relation à l'équivalence, la quantité de matière initiale d'ions hydrogénéosulfate contenue dans le volume V , puis dans le volume V_0 de S_0 .
- c) En déduire le nombre de mole et la masse d'hydrogénéosulfate de sodium NaHSO_4 contenus dans les 2,00 g de poudre commerciale.
- d) Calculer le pourcentage massique en hydrogénéosulfate de sodium dans la poudre commerciale.

Exercice II : HYDROLYSE D'UN ESTER (5,5 points)

Données : Les masses molaires atomiques en $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ sont $M(\text{H}) = 1$ $M(\text{C}) = 12$ $M(\text{O}) = 16$

Un ester E a pour masse molaire $M_E = 102 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$. On réalise à température ambiante un mélange équimolaire avec 0,5 mol de E et 0,5 mol d'eau (H_2O). Au bout de plusieurs heures, on obtient un mélange qui contient 0,19 mol d'acide éthanoïque (ou acide acétique) et un monoalcool saturé noté A ou ROH.

- 1°/ a) Écrire l'équation-bilan de la réaction. Comment la nomme-t-on ?
- b) Déterminer la masse molaire du groupement R.
- c) Montrer que la formule brute du composé A est $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$.
- 2°/ On fait subir à l'alcool A une oxydation ménagée par une solution acidifiée de permanganate de potassium. On obtient alors un composé oxygéné B qui réagit sur la 2-4.DNPH mais ne réagit pas sur la liqueur de Fehling ni sur le réactif de Tollens (solution d'ions diammineargent (I)).
- a) Préciser la fonction chimique du composé B.
- b) En déduire la classe de l'alcool A. Donner son nom et sa formule développée.
- c) Donner le nom et la formule semi-développée de l'ester E.
- 3°/ Calculer le rendement de l'hydrolyse. Comment pourrait-on l'augmenter ?