

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

PEINTURES ENCRE, ET ADHÉSIFS

SCIENCES PHYSIQUES

Durée : 3 h 00

Coefficient : 3

*Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Ce sujet comporte : 8 pages numérotées de 1/8 à 8/8 .*

La clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviendront pour une part importante dans l'appréciation des copies.

CALCULATRICE AUTORISÉE

Sont autorisées 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'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

I. Mécanique des fluides (14 points sur 60)

Un solvant, de masse volumique $\rho = 900 \text{ kg.m}^{-3}$ et de viscosité $\nu = 5 \times 10^{-6} \text{ m}^2.\text{s}^{-1}$, circule dans une conduite rectiligne horizontale, de section circulaire constante ($D = 200 \text{ mm}$). Le débit a pour valeur $Q_v = 900 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$.

1. Dans le section droite S_1 , on branche deux manomètres M_1 et M_2 comme schématisé sur la figure 1. On lit une pression relative $p_2 = 1,36 \text{ bars}$, quelle est la pression p_1 relative indiquée par le manomètre M_1 ? Que vaut alors la pression absolue ?

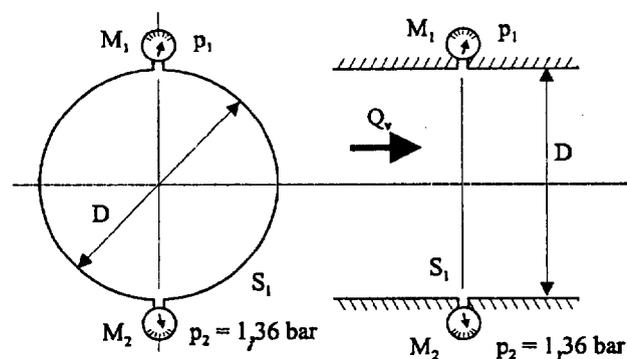


Figure 1

2. On introduit dans la conduite un petit tube, relié à un manomètre M_3 , débouchant face à l'écoulement dans la section S_1 (figure 2). Si on suppose que la vitesse U de l'écoulement est uniforme dans la section S_1 , quelle pression p_3 lit-on sur le manomètre M_3 lorsqu'il est placé à la même altitude que le manomètre M_1 ?

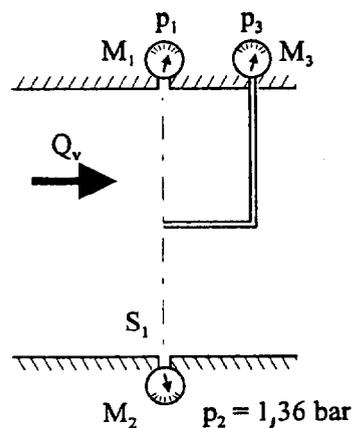


Figure 2

3. Quel est le nombre de Reynolds de l'écoulement ? L'écoulement dans la section S_1 est-il laminaire ou turbulent ? Justifier votre réponse.

II. Optique (10 points sur 60)

Fonctionnement d'un spectrorimètre ?

Le spectrorimètre est un instrument d'optique qui permet de définir précisément la couleur d'un échantillon en mesurant ses facteurs tristimulaires.

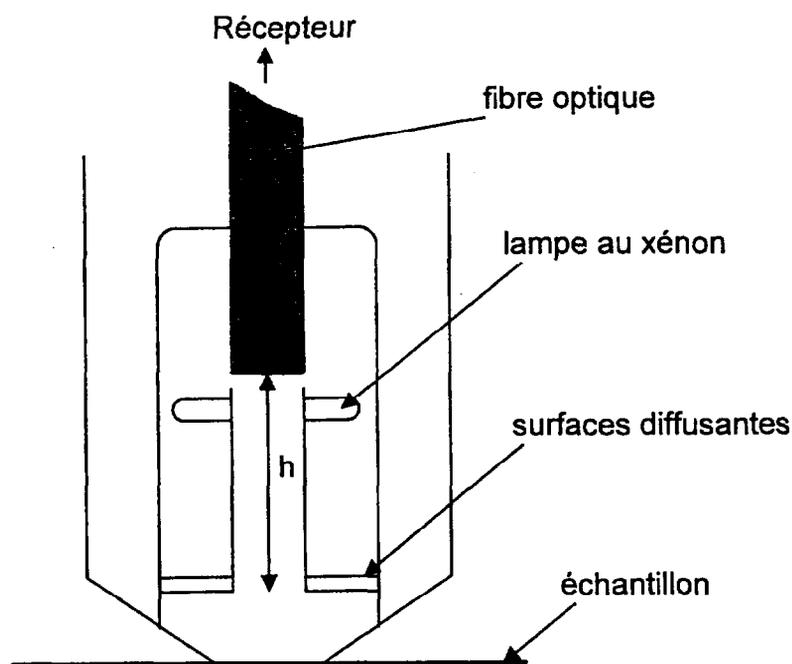


Figure 1 : schéma de principe du spectrorimètre

On peut distinguer quatre parties :

- la source lumineuse (ici une lampe au xénon) éclaire l'échantillon ,
- l'échantillon, dont on analyse la lumière diffusée,
- la fibre optique qui transmet au récepteur la lumière diffusée par l'échantillon,
- le récepteur qui convertit l'information lumineuse en signal électrique grâce à des filtres et des cellules photoélectriques.

1. La source lumineuse

Le spectrocolorimètre étudié utilise une lampe au xénon comme source lumineuse. Son spectre d'émission est donné par la figure 2.

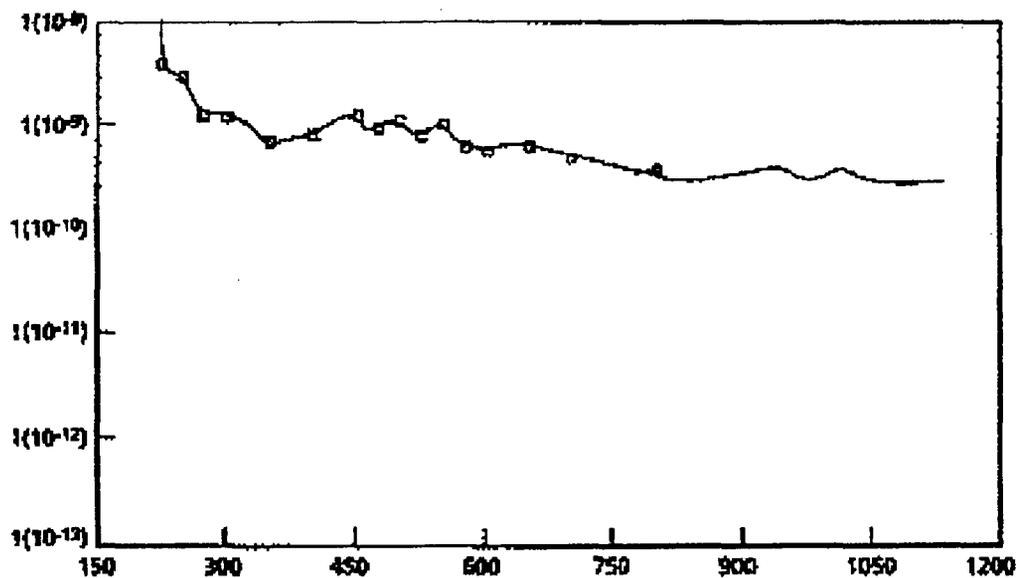


figure 2

1.1. Comment qualifie-t-on ce type de spectre ? Quelle est sa particularité ?

1.2. La lampe au xénon émet une lumière blanche.

1.2.a. Justifier le fait que la lumière soit blanche.

1.2.b. Pourquoi n'utilise-t-on pas une source de lumière monochromatique ?

1.3. Quel est le rôle de la surface diffusante placée entre la source lumineuse et l'échantillon ?

2. L'échantillon

On considère que l'échantillon est une surface parfaitement plane, recouverte d'une couche de peinture rouge (figure 3). On ne prend en compte que deux constituants :

- le liant, supposé homogène, transparent et incolore, d'indice $n_2 = 1,55$
- les pigments rouges dispersés dans le liant sous forme de grains.

L'indice de réfraction de l'air est $n_1 = 1,00$.

- 2.1. Que va-t-il se produire lorsque le rayon représenté sur la figure 3 va atteindre le point I. Reproduire la figure 3 et représenter les deux nouveaux rayons observés, sans tenir compte des pigments.
- 2.2. Calculer les angles que font ces rayons avec la surface qui sépare le liant de l'air. Citer les lois utilisées.
- 2.3. Que se passe-t-il lorsque la lumière qui se propage dans le liant rencontre un grain de pigment ? Schématiser le trajet d'un rayon qui rencontre un pigment.
- 2.4. De la lumière réfléchiée par la surface du liant et de celle qui a rencontré un pigment, laquelle contient l'information utile au récepteur.

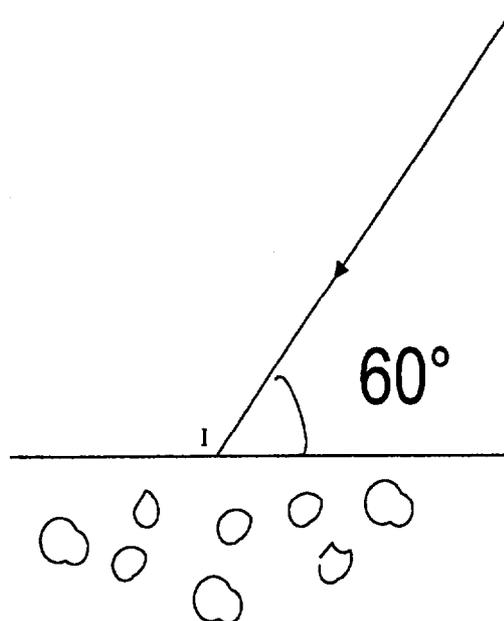


figure 3

CHIMIE GENERALE ET MINERALE

I. Autour du fer (8 points sur 60)

1. L'hématite est un minéral principalement composé d'oxyde de fer Fe_2O_3 .
 - 1.1. Quel est le degré (ou nombre) d'oxydation du fer dans l'oxyde de fer de formule Fe_2O_3 ?
 - 1.2. Quelle couleur ont, en général, les composés du fer à ce degré d'oxydation ?
 - 1.3. Citer un test caractéristique du fer sous forme d'ion à ce degré d'oxydation.
2. Quel type de réaction chimique doit-on réaliser pour obtenir le fer métal à partir de l'hématite ? Décrire brièvement une réaction utilisée dans l'industrie.
3. Le fer métal
 - 3.1. Quelle est la structure électronique de l'atome de fer ($Z = 26$) ? En déduire les degrés d'oxydation les plus stables du fer.
 - 3.2. La structure cristalline la plus courante pour le fer métal est une structure cubique à faces centrées (fer γ). Représenter la maille correspondante.
 - 3.3. Quelle est la multiplicité (nombre d'atomes par maille) de cette maille ?
 - 3.4. On donne le paramètre de maille $a = 353,5 \text{ pm}$. Quelle est la valeur de la masse volumique du fer

Donnée : masse molaire atomique du Fer en g.mol^{-1} : 56

II – L'aluminium et ses ions en solution aqueuse (12 points sur 60)

Données :

$$\begin{array}{ll} \text{pK}_a(\text{Al}^{3+}/\text{Al}(\text{OH})^{2+}) = 5 & - \quad \text{pK}_s(\text{Al}(\text{OH})_{3(s)}) = 32 \\ \log\beta_4(\text{Al}(\text{OH})_4^-) = 33,4 & - \quad \text{pK}_e = 14 \\ \text{On rappelle que } \text{pX} = -\log X & \end{array}$$

On dispose de deux solutions aqueuses S_1 et S_2 à 25°C

S_1 : solution de nitrate d'aluminium de concentration $C_1 = 0,010 \text{ mol.L}^{-1}$ (pH = 3,5)

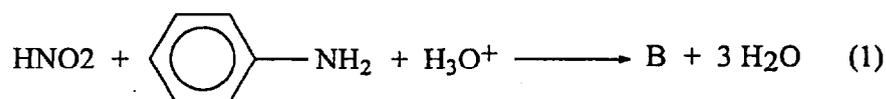
S_2 : solution d'hydroxyde de sodium de concentration $C_2 = 0,100 \text{ mol.L}^{-1}$ (pH = 13,0)

1. Justifier la valeur donnée pour le pH de la solution de nitrate d'aluminium.
2. On dose $V_0 = 10,0 \text{ mL}$ de S_1 par la solution S_2 . On observe l'apparition d'un précipité blanc dès la première goutte versée de la solution S_2 , puis sa disparition lorsqu'on a versé un volume $V_2 = 4,0 \text{ mL}$.
 - 2.1. Identifier le précipité qui se forme. On donnera le nom et la formule.
 - 2.2. Ecrire les équations-bilans des réactions qui se produisent lors de ce dosage.
 - 2.3. Quels sont le nom et la formule de l'espèce chimique sous laquelle se trouve l'élément aluminium après dissolution du précipité ?
 - 2.4. Ecrire les expressions des constantes $K_s(\text{Al}(\text{OH})_{3(s)})$ et $\beta_4(\text{Al}(\text{OH})_4^-)$, constante globale de formation de $\text{Al}(\text{OH})_4^-$.
3. Donner l'expression de la constante K_2 de la réaction de dissolution du précipité, en fonction K_s et β_4 . Calculer sa valeur.
4. Calculer le pH d'apparition du précipité.

CHIMIE ORGANIQUE ET MACROMOLECULAIRE

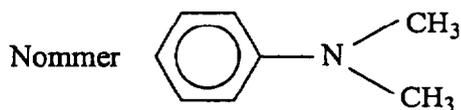
I. Synthèse du rouge de méthyle (6 points sur 60)

1. L'action de l'acide nitreux (HNO_2) sur l'aniline ($\text{C}_6\text{H}_5\text{-NH}_2$) conduit à un composé ionique que l'on désigne par B.



Préciser les conditions dans lesquelles se produit la réaction.
Quelle est la formule de B ?

2. La réaction (2) permet d'obtenir le rouge de méthyle



Quelle est la formule du rouge de méthyle ?

II. Synthèse d'un polyamide (10 points sur 60)

On désire synthétiser du polyamide-6.

1 - Décrire le principe du type de polymérisation et indiquer :

- la nature du (ou des monomères) nécessaire(s),
- les paramètres importants qui peuvent influencer sur la cinétique de polymérisation et les masses moléculaires du polymère final.

2. Donner, sous la forme d'un rapport de masses, l'expression du taux de cristallinité X_c d'un polymère?

3. Pour déterminer la valeur du taux de cristallinité X_c d'un échantillon de polyamide-6, on peut utiliser la valeur de sa masse volumique ou celle de son volume spécifique.

3.a. Mesure de la valeur de la masse volumique à l'aide d'un pycnomètre

On procède donc de la manière suivante :

- on pèse le pycnomètre vide $m_v = 5,2900 \text{ g}$
- on pèse le pycnomètre rempli d'eau (jusqu'au trait de jauge) $m_r = 10,1750 \text{ g}$
- on introduit m_p g de polymère dans le pycnomètre, puis on complète jusqu'au trait de jauge en ajoutant m_e g d'eau. $m_p = 0,5700 \text{ g}$
 $m_e = 4,3850 \text{ g}$

Calculer la valeur ρ de la masse volumique du polymère.

3.b. Détermination du volume massique (spécifique)

Une méthode directe permet de déterminer la valeur du volume massique :

$$V_{sp} = 0,877 \text{ g.cm}^{-3}$$

Quelle relation relie le volume spécifique et la masse volumique ?

Le résultat donné pour le volume massique correspond-il à la valeur mesurée de la masse volumique ?

4. Calculer le taux de cristallinité de ce polymère à partir des deux méthodes d'analyse.

Données :

- pour la famille des « polyamide-6 » :

$$\rho_{\text{amorphe}} = 1,10 \text{ g.cm}^{-3}$$

$$\rho_{\text{cristallin}} = 1,23 \text{ g.cm}^{-3}$$

- relation liant densité et taux de cristallinité :

$$X_c = \frac{(\rho - \rho_{\text{amorphe}}) \times \rho_{\text{cristallin}}}{(\rho_{\text{cristallin}} - \rho_{\text{amorphe}}) \times \rho}$$

avec : X_c : taux de cristallinité

$\rho_{\text{cristallin}}$: masse volumique de la phase cristalline

ρ_{amorphe} : masse volumique de la phase amorphe

ρ : masse volumique de l'échantillon étudié