

BTS INDUSTRIES DES MATÉRIAUX SOUPLES

SCIENCES PHYSIQUES APPLIQUÉES - U. 32

SESSION 2011

Durée : 2 heures

Coefficient : 1

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).

Document à rendre avec la copie :

- Feuille de papier millimétré

Ce sujet nécessite une feuille de papier millimétré.

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

Le sujet comporte 8 pages, numérotées de 1/8 à 8/8.

Des données sont fournies à la fin des exercices.

Le candidat doit traiter 3 exercices.

Les exercices I et II sont obligatoires.

Le candidat traitera au choix l'exercice III ou l'exercice IV.

I. Mélange de fibres (7 points)

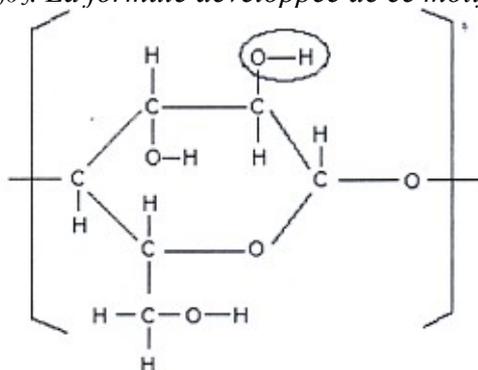
L'étiquette d'un vêtement présente les indications suivantes :

58 % de coton,
40 % de polyamide,
2% d'élasthanne.

1. Indiquer l'origine (naturelle ou synthétique) de ces trois types de fibres mentionnées sur l'étiquette. Justifier brièvement.

2. LE COTON

Le coton est une fibre cellulosique. La cellulose est une macromolécule constituée d'un motif répétitif de formule brute $C_6H_{10}O_5$. La formule développée de ce motif est la suivante :



2.1. Nommer le groupe caractéristique entouré sur le motif **ci-dessus** et la fonction chimique correspondante.

Indiquer le nombre de groupes caractéristiques de ce type présents dans le motif.

2.2. L'atome d'oxygène est qualifié de « divalent ».

Justifier ce qualificatif, au besoin à l'aide de la formule semi-développée du motif.

2.3. *Le mercerisage permet d'améliorer l'aspect du coton en le rendant plus brillant.*

Il consiste à faire agir de la soude concentrée (solution d'hydroxyde de sodium de formule: $Na^+(aq) + HO^-(aq)$) sur les fibres dont la section devient alors circulaire. On utilise de la soude de concentration molaire $C_0 = 5,0 \text{ mol.L}^{-1}$.

On étudie les propriétés de la solution de soude diluée 500 fois.

a. Montrer que la concentration de la solution diluée obtenue est : $C = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

- b. Montrer que la valeur du pH de la solution diluée est égale à 12.
- c. La soude est-elle une solution acide ou basique ? Justifier.
- d. Voici le pictogramme que l'on trouve sur les étiquettes des flacons contenant de la soude:

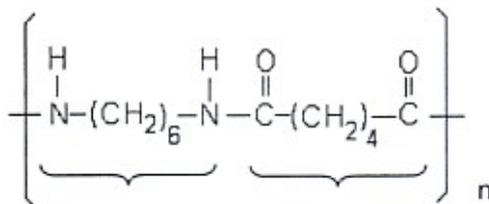


Indiquer les précautions à prendre lorsqu'on est amené à manipuler de la soude.

Données : Produit ionique de l'eau à 25°C : $K_e = [H_3O^+] \cdot [HO^-] = 1,0 \times 10^{-14}$.

3. LE POLYAMIDE

Pour améliorer les propriétés du coton, on l'associe parfois à du polyamide et de l'élasthanne. Le polyamide 6-6 est un polymère très utilisé dans les textiles. Il est obtenu par réaction entre l'hexaméthylène diamine et l'acide hexanedioïque.



3.1. À partir de l'écriture du polyamide, donnée ci-dessus, écrire les formules semi développées des deux monomères correspondants dont la structure est repérée par chacune des deux accolades.

3.2. Donner la définition du « degré de polymérisation ».

3.3.

a. Donner la formule brute d'un motif de ce polymère.

b. Montrer que la masse molaire d'un motif est égale à $M_{\text{motif}} = 226 \text{ g.mol}^{-1}$.

3.4. La masse molaire moyenne du polymère est $M = 36,2 \text{ kg.mol}^{-1}$ En déduire le degré de polymérisation moyen du polyamide 6-6.

Données: $M_C = 12 \text{ g.mol}^{-1}$; $M_H = 1 \text{ g.mol}^{-1}$; $M_N = 14 \text{ g.mol}^{-1}$; $M_O = 16 \text{ g.mol}^{-1}$.

4. L'ÉLASTHANNE

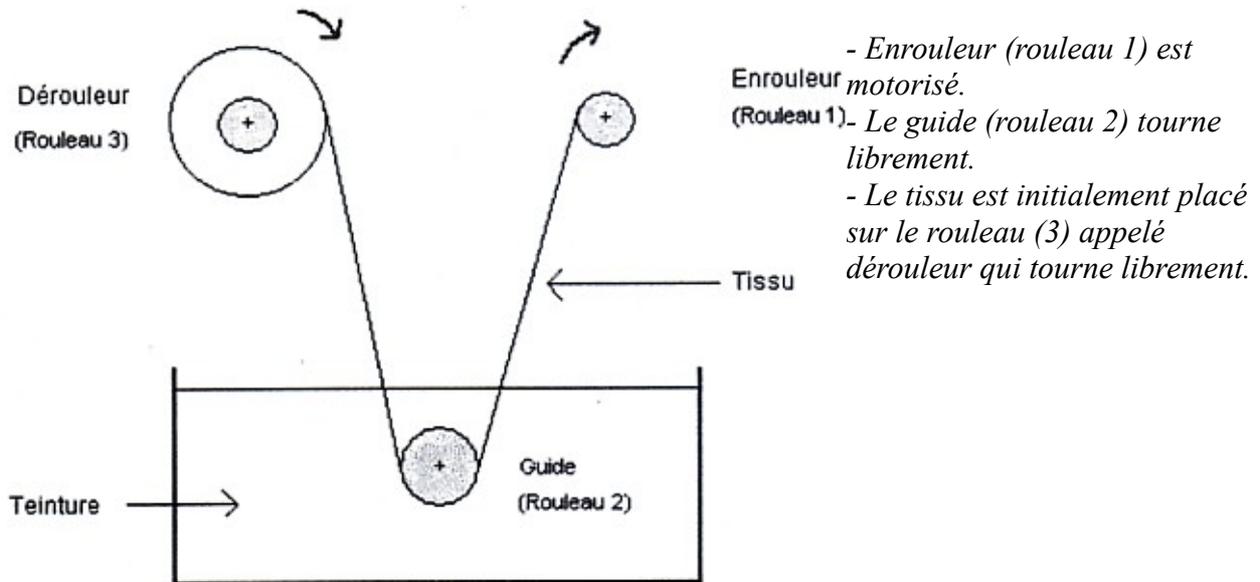
Citer une propriété de l'élasthanne intéressante dans une association avec le coton.

II. Mécanique : teinture des pièces en « barque » (7 points)

Un des procédés utilisés pour la teinture des tissus consiste à faire passer les étoffes dans une cuve contenant le bain de teinture. Les tissus sont fixés sur des rouleaux dont le sens de rotation s'inverse périodiquement jusqu'à épuisement du bain de teinture.

Un schéma très simplifié est donné ci-dessous.

On considère le schéma pour un sens de rotation donné.



On appelle « cycle » le passage de la totalité du tissu présent sur le dérouleur vers l'enrouleur.

On considère que la vitesse angulaire ω_1 de l'enrouleur **reste constante** pendant un cycle de passage du tissu, et que le tissu ne glisse pas sur les rouleaux. On souhaite par la suite mettre en évidence l'inconvénient présenté par le choix d'une vitesse angulaire qui reste constante pendant le cycle.

1. SITUATION EN DÉBUT DE CYCLE

1.1. La fréquence de rotation du rouleau 1 est $N_1 = 10 \text{ tr.min}^{-1}$.

Montrer que la vitesse angulaire ω_1 de l'ensemble enroulement et tissu est $\omega_1 = 1,05 \text{ rad.s}^{-1}$.

1.2. Le rayon du rouleau à vide est $R_{1i} = 7,5 \text{ cm}$.

Calculer la vitesse linéaire de défilement v_i du tissu en début de cycle. le rouleau 1 étant alors vide.

1.3. Le rayon du rouleau guide est $R_2 = 4,0 \text{ cm}$.

Déduire des questions précédentes la vitesse angulaire ω_2 de rotation du rouleau 2 (guide) situé dans le bac.

2. SITUATION EN FIN DE CYCLE

On peut considérer que la qualité de teinture est meilleure lorsque la vitesse de passage dans le bain est faible.

2.1. Calculer la vitesse linéaire de défilement v_f du tissu en fin de cycle, le rouleau 1 étant alors plein. Le rayon du rouleau 1 est alors $R_{1f} = 25 \text{ cm}$.

2.2. Comparer les vitesses v_i et v_f .

2.3. Que peut-on conclure sur la qualité de la teinture au cours d'un cycle effectué à vitesse angulaire constante ?

2.4. Proposer une solution permettant de réduire cet inconvénient.

3. OPTIMISATION DU COÛT

On cherche à optimiser la durée totale de l'opération pour diminuer les coûts. Il faut 5 cycles de passage pour épuiser le bain de teinture.

La longueur de tissu qui passe dans la teinture lors d'un cycle est $L = 175 \text{ m}$.

La vitesse moyenne de défilement du tissu sur un cycle étant $v_m = 0,17 \text{ m.s}^{-1}$.

On considère que l'opération est satisfaisante, en termes de coûts, si sa durée totale est inférieure à 1 heure et 15 minutes.

3.1. Calculer la durée moyenne d'un cycle de teinture, en secondes puis minutes.

3.2. L'opération peut-elle être considérée comme satisfaisante en termes de coût ?

III. Optique : projecteur de diapositives (6 points)

Un projecteur de diapositives est un instrument d'optique servant à projeter des images sur un écran de grande dimension. Maintenant dépassé d'un point de vue technique et pratique par le vidéoprojecteur, il conserve l'avantage de présenter un modèle simple pour l'étude du principe de fonctionnement optique d'un appareil projecteur.

Il comporte une source de lumière blanche de forte puissance, un ventilateur, un réflecteur et un condenseur, un filtre à infrarouge, un logement pour diapositive et un objectif à mise au point réglable constitué par une lentille convergente. La diapositive est placée entre le filtre et l'objectif.

Pour simplifier l'étude du projecteur de diapositives, on le modélise par trois éléments :

- la lampe source de lumière blanche,
- un objet AB (représentant la diapositive),
- une lentille convergente (L) de distance focale $f' = 10 \text{ cm}$.

La diapositive, objet (AB) de hauteur 3 cm, est placée à une distance OA devant la lentille. L'écran blanc, sur lequel on projette les diapositives, se trouve à environ 5 m de l'objectif.

1. Afin d'éviter l'échauffement de la diapositive, un filtre absorbe les rayonnements dont la fréquence est inférieure à $3,70 \times 10^{14} \text{ Hz}$.

1.1. Calculer la longueur d'onde du rayonnement correspondant à $\nu = 3,70 \times 10^{14} \text{ Hz}$.

1.2. Déduire le domaine de rayonnement électromagnétique absorbé par le filtre.

2. ÉTUDE DE LA NATURE D'UNE IMAGE

2.1. Calculer la valeur de la vergence C de la lentille (L).

2.2. Sur une feuille de papier millimétré prise dans la largeur (**ou sur la copie**) :

a. réaliser un schéma à l'échelle 1/2, comprenant l'axe optique, la lentille (L), le centre O de la lentille et les foyers objet F et image F' et l'objet (AB) placé 18 cm avant la lentille ;

b. construire l'image (A'B') de l'objet (AB).

2.3. Comment convient-il de placer la diapositive sur le support de diapositives ?

3. ÉTUDE DE L'IMAGE DONNÉE PAR LE PROJECTEUR

3.1. Dans les faits, on place l'objet AB à 10,2 cm devant la lentille.

Montrer, par le calcul, que l'image de la diapositive se trouve située à 5,1 m de l'objectif.

3.2. On éloigne maintenant l'écran de projection. On observe alors une " image floue".
Pour retrouver la netteté, faut-il éloigner ou rapprocher la lentille (l'objectif) de la diapositive ?
Justifier.

3.3. La diapositive représente un mannequin portant une robe bleue, une veste rouge et des chaussures magenta. On réalise la projection de la diapositive sur un mur jaune.
En déduire la couleur perçue par un spectateur pour :

- a. la robe,
- b. la veste,
- c. les chaussures.

Justifier les réponses à l'aide des couleurs primaires rouge, vert et bleu.

Données :

Vitesse de la lumière dans le vide : $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

Domaine des longueurs d'onde du visible :



Relation de conjugaison :

$$\frac{1}{OA'} = \frac{1}{OA} + \frac{1}{OF'}$$

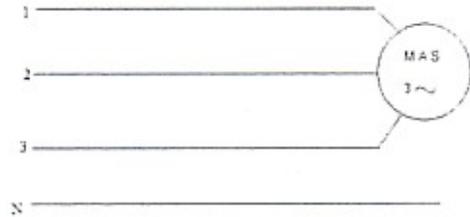
Vergence : $C = \frac{1}{OF'}$

IV. Électricité : moteur asynchrone (6 points)

La plaque signalétique d'un moteur asynchrone triphasé utilisé dans un atelier porte les indications suivantes :

« 4 pôles ; 4,4 kW ; 230/400 V ; 16,3 A/9,4 A ;
50 Hz ; 1420 tr/min ; $\cos \varphi = 0,85$ ».

Ce moteur est utilisé sur un réseau triphasé délivrant une tension composée $U = 230$ V.



1. D'après les indications de la plaque signalétique, quelle est la tension à appliquer sur un enroulement du moteur ?
2. Déduire de la réponse précédente le couplage qu'il faut adopter pour les enroulements de ce moteur. Justifier.
3. Déterminer la vitesse de synchronisme n_s de ce moteur, en $\text{tr} \cdot \text{min}^{-1}$.
4. En déduire la valeur du glissement g en régime nominal.
5. Montrer que la puissance active absorbée par le moteur en régime nominal est égale à 5,5 kW.
6. En déduire le rendement du moteur.
7. Pour optimiser la puissance consommée, on souhaite relever le facteur de puissance de ce moteur à $\cos \varphi' = 0,93$.

7.a. Indiquer comment relever le facteur de puissance.

7.b. Calculer la valeur de la capacité C des condensateurs à utiliser, à l'aide de l'expression fournie dans les données.

Données :

Formule du glissement :
$$g = \frac{n_s - n}{n_s}$$

Formule permettant le calcul de la capacité des condensateurs à ajouter pour le relèvement du facteur de puissance :
$$C = \frac{P(\tan \varphi - \tan \varphi')}{3 \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot U^2}$$