



**LE RÉSEAU DE CRÉATION
ET D'ACCOMPAGNEMENT PÉDAGOGIQUES**

**Ce document a été mis en ligne par le Canopé de l'académie de Bordeaux
pour la Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel.**

Ce fichier numérique ne peut être reproduit, représenté, adapté ou traduit sans autorisation.

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR INDUSTRIES PLASTIQUES - EUROPLASTIC

SCIENCES PHYSIQUES

SESSION 2015

Durée 3 heures

coefficient 3,5

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

Il est conseillé, pour chaque exercice, de lire attentivement l'ensemble du sujet avant de commencer sa résolution.

Matériel autorisé :

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 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.

Tout autre matériel est interdit

*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.*

*Document à rendre avec la copie :
Annexes page 8/8*

BTS INDUSTRIES PLASTIQUES-EUROPLASTIC	SUJET	SESSION 2015
Épreuve : SCIENCES PHYSIQUES	Code : ILE3SP	Page : 1/8

PARTIE CHIMIE (40 points)

Dans le domaine des matières plastiques, le terme « polyester » recouvre deux familles de produits très différents :

- les polyesters saturés sont des produits finis mis en œuvre par fusion ;
- les polyesters insaturés UP dont le durcissement est dû à une polymérisation déclenchée par ajout d'un catalyseur.

Partie A : Le polyéthylène téréphtalate PET (29,5 points)

Le polyéthylène téréphtalate (PET) est un plastique. Chimiquement, c'est le polymère obtenu par réaction entre l'acide téréphtalique et l'éthylène glycol. Il permet de fabriquer des bouteilles d'eau transparentes, des cartes, des emballages, des revêtements, des films transparents....

Il présente l'avantage de pouvoir être recyclé : après broyage et lavage, on obtient des paillettes permettant de fabriquer d'autres produits comme des fibres polaires. Pour 100 tonnes de PET recyclées, on obtient 81 tonnes de granules ou de paillettes.

1. Étude des caractéristiques du PET :

1.1 Compléter l'**annexe 1, du document réponse page 8 à rendre avec la copie**, concernant les deux monomères permettant l'obtention du PET, sachant que ces monomères portent les noms d'acide 1,4-benzènedioïque et d'éthane-1,2-diol en nomenclature officielle.

1.2. Représenter le motif du PET, puis encadrer et nommer le groupement caractéristique de ce motif.

1.3. Écrire l'équation de la réaction modélisant l'obtention du PET à partir de deux de ces monomères. A quelle famille appartient cette réaction ?

1.4. Définir les termes polyaddition et polycondensation.
À quel type de réaction correspond la formation du PET ?

1.5. Définir les termes thermoplastique et thermodurcissable.
À quelle catégorie appartient le PET ?

1.6. Le PET est-il un polyester insaturé ? Justifier la réponse.

1.7. Quel type d'interactions intermoléculaires peut exister entre macromolécules de PET ?

1.8. Quelle conséquence ont ces interactions sur la cohésion du polymère ?

Sous sa forme semi-cristalline, le PET possède des propriétés de solidité, ductilité, rigidité et dureté. Il possède aussi de très bonnes caractéristiques d'usinabilité. Sa compatibilité de contact avec les aliments en fait un matériau idéal pour l'équipement alimentaire.

2. Fabrication du PET :

2. 1. Quelles sont les conditions expérimentales d'obtention d'un PET amorphe ? Quelle propriété optique en découle-t-il ?

BTS INDUSTRIES PLASTIQUES-EUROPLASTIC	SUJET	SESSION 2015
Épreuve : SCIENCES PHYSIQUES	Code : ILE3SP	Page : 2/8

Au laboratoire, on a déterminé les masses volumiques ρ_1 et ρ_2 de deux échantillons de PET, l'un correspondant à un PET 100 % amorphe et l'autre à un PET 100 % cristallin. Les résultats d'analyse donnent $\rho_1 = 1\,455\text{ kg.m}^{-3}$ et $\rho_2 = 1\,335\text{ kg.m}^{-3}$.

2.2. En justifiant la réponse, attribuer à chaque échantillon de PET sa masse volumique.

Un PET peut être chargé pour améliorer ses propriétés physiques.

2.3. Citer deux types de charges utilisées.

2.4. Comment les deux types de charges citées précédemment modifient-ils les propriétés du PET ?

Certaines matières plastiques sont parfois plastifiées.

2.5. Donner la définition d'un plastifiant (un schéma explicatif est accepté).

2.6. Préciser l'intérêt de l'utilisation d'un plastifiant et son mode d'action.

2.7. Le PET étant couramment utilisé dans l'alimentation, pourquoi ne doit-on pas le plastifier ?

Avant d'être introduits dans la presse à injecter, les granulés de PET passent dans un sécheur.

2.8. Pourquoi faut-il sécher les granulés de PET ?

Le PET est obtenu par polycondensation en masse.

2.9. Pourquoi lors de la mise en œuvre du procédé, les monomères doivent-ils être fondus ?

2.10. Quel est l'effet de l'élévation de température sur les molécules d'eau, sous-produit de la réaction ?

3. Prévention des risques professionnels :

La combustion du PET produit entre autres du monoxyde de carbone, caractérisé par une CL50_(rat) de 1807 ppm et une VME de 50 ppm.

3.1. Définir les termes CL50_(rat) et VME.

3.2. Que signifie l'unité ppm ?

Un incendie se déclare dans le local de stockage des matières premières de synthèse du PET. Les vapeurs d'éthylène glycol peuvent former un mélange explosif avec l'air.

3.3. Écrire et équilibrer l'équation chimique modélisant la combustion complète de l'éthylène glycol dans le dioxygène, les réactifs et les produits étant à l'état gazeux.

3.4. En utilisant le tableau ci-dessous, calculer l'énergie libérée lors de la combustion d'une mole d'éthylène glycol.

Liaison	D_{A-B} (en kJ.mol^{-1})
C – C	348
C – O	356
O – H	460
C – H	410
O = O	494
C = O (dans CO_2)	795

BTS INDUSTRIES PLASTIQUES-EUROPLASTIC	SUJET	SESSION 2015
Épreuve : SCIENCES PHYSIQUES	Code : ILE3SP	Page : 3/8

Sur la fiche toxicologique de l'éthylène glycol figure le pictogramme suivant :



3.5. Quelle est la signification de ce pictogramme ?

L'éthylène glycol est caractérisé par une DCO de $1,29 \text{ g.g}^{-1}$ et par une $DL50_{(rat)}$ de $8,54 \text{ g.kg}^{-1}$.

3.6. Donner les définitions de la DCO et de la $DL50_{(rat)}$.

4. Étude d'un échantillon de PET :

Un échantillon de PET possède la répartition suivante :

N_i	1500	1650	1725	1950
DP_i	230	200	280	265

4.1. Que représentent les grandeurs N_i et DP_i ?

4.2. Montrer que le degré de polymérisation moyen en nombre \overline{DP}_n vaut 245.

4.3. Définir et calculer la masse molaire moyenne en nombre \overline{M}_n .

4.4. Définir et calculer la masse molaire moyenne en poids \overline{M}_p .

4.5. Définir et calculer l'indice de polymolécularité I (appelé aussi indice de polydispersité).

4.6. Calculer le degré de polymérisation moyen en poids \overline{DP}_p .

Données : masse molaire du motif du PET $M = 192 \text{ g.mol}^{-1}$

Partie B : Les résines UP (Unsaturated Polyesters) (10,5 points)

Les résines UP (Unsaturated Polyesters) sont utilisées dans un grand nombre d'industries. Elles ont transformé l'industrie de la construction navale, en particulier le secteur de la plaisance, en permettant une plus grande flexibilité, de meilleures performances et une production plus rapide.

Dans l'industrie automobile, les matières plastiques renforcées de fibres apportent la liberté de conception, la légèreté, la résistance mécanique. Dans l'industrie de la construction, les matières plastiques renforcées de fibres sont utilisées partout. Elles offrent une alternative intéressante aux matières conventionnelles pour les grands projets tels que la construction des ponts ou éoliennes, où légèreté et durabilité sont des caractéristiques souhaitables.

BTS INDUSTRIES PLASTIQUES-EUROPLASTIC	SUJET	SESSION 2015
Épreuve : SCIENCES PHYSIQUES	Code : ILE3SP	Page : 4/8

1. Compléter l'annexe 2 du document réponse page 8 à rendre avec la copie concernant les deux monomères mis en jeu lors de la synthèse de la résine UP.
2. Écrire l'équation de la réaction modélisant l'obtention de cette résine à partir de deux de ces molécules.
3. Donner le motif du polyester UP obtenu avec ces deux monomères de base.
4. Ce polyester est-il obtenu par polymérisation ou polycondensation ?
5. Quelle particularité présente ce polyester par rapport au PET ?
6. Le polyester ainsi formé est mis en solution dans un solvant copolymérisable, le styrène, qui permet une réticulation. Préciser, en justifiant, si cette résine UP est thermoplastique ou thermodurcissable ?

On cherche à déterminer l'indice d'acide I_A d'une résine UP afin d'en déduire sa masse molaire moyenne en nombre \overline{M}_n . On réalise pour cela deux titrages successifs : un titrage à blanc permettant de tenir compte du caractère acide du solvant, puis le titrage de la résine UP. Les protocoles mis en œuvre sont les suivants :

- Titration à blanc :
 - dans un erlenmeyer, introduire le mélange de solvants constitué de 20 mL de toluène et de 10 mL d'éthanol absolu ;
 - ajouter cinq gouttes de bleu de bromothymol ;
 - agiter le milieu réactionnel ;
 - grâce à une microburette graduée, introduire goutte à goutte une solution de potasse alcoolique de concentration $C_b = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$.

L'équivalence est atteinte pour $V_1 = 0,90 \text{ mL}$.

- Titration de la résine UP :
 - dans un erlenmeyer, introduire $m = 2,0 \text{ g}$ de résine UP ;
 - ajouter le mélange de solvants constitué de 20 mL de toluène et de 10 mL d'éthanol absolu ;
 - ajouter cinq gouttes de bleu de bromothymol ;
 - agiter le milieu réactionnel ;
 - grâce à une burette graduée, introduire goutte à goutte une solution de potasse alcoolique de concentration $C_b = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$.

L'équivalence est atteinte pour $V_2 = 8,5 \text{ mL}$.

Données :

Masses molaires en g.mol^{-1} $M(\text{O}) = 16$ $M(\text{H}) = 1,0$ $M(\text{K}) = 39$

$$\text{Formule : } I_A = \frac{M(\text{KOH}) \times 1000}{\overline{M}_n}$$

7. Définir l'indice d'acide I_A d'une substance et montrer que son expression en fonction de C_b , V_1 , V_2 , m et la masse molaire de l'hydroxyde de potassium $M(\text{KOH})$ est donnée par :

$$I_A = \frac{C_b \cdot (V_2 - V_1) \cdot M(\text{KOH}) \cdot 1000}{m}$$

8. Calculer l'indice d'acide I_A de cette résine UP.
9. En déduire la masse molaire de la résine UP étudiée.

BTS INDUSTRIES PLASTIQUES-EUROPLASTIC	SUJET	SESSION 2015
Épreuve : SCIENCES PHYSIQUES	Code : ILE3SP	Page : 5/8

PARTIE PHYSIQUE (20 points)



Un atelier industriel de fabrication de fibres optiques est alimenté en triphasé 220 V / 380 V, 50 Hz. Il comporte les appareils suivants :

- 48 lampes de caractéristiques 50 W, 220 V ;
- 6 moteurs monophasés de 220 V absorbant chacun une puissance de 1,0 kW avec un facteur de puissance $\cos \varphi_1 = 0,80$;
- 6 moteurs monophasés de 220 V absorbant chacun une puissance de 1,8 kW avec un facteur de puissance $\cos \varphi_2 = 0,75$;
- 3 moteurs asynchrones triphasés de puissance utile 2,5 kW, de rendement $\eta = 0,85$ et de facteur de puissance $\cos \varphi_3 = 0,70$.

1. Représenter sur l'annexe 3 du document réponse page 8 à rendre avec la copie, les branchements respectifs d'une lampe, d'un moteur monophasé et d'un moteur asynchrone triphasé sur le réseau.

2. Donner la valeur efficace de la tension simple V et de la tension U entre phases pour cette installation électrique.

3. Étude de l'installation électrique.

3.1. Exprimer la puissance active totale P_{TOT} de l'installation, puis montrer que $P_{TOT} = 28,0$ kW.

3.2. Exprimer puis calculer la puissance réactive totale Q_{TOT} de l'installation.

3.3. En déduire la puissance apparente totale S_{TOT} de l'installation.

3.4. Déterminer le facteur de puissance $\cos \varphi$ de l'installation.

3.5. Déterminer la valeur du courant en ligne I quand tous les appareils fonctionnent.

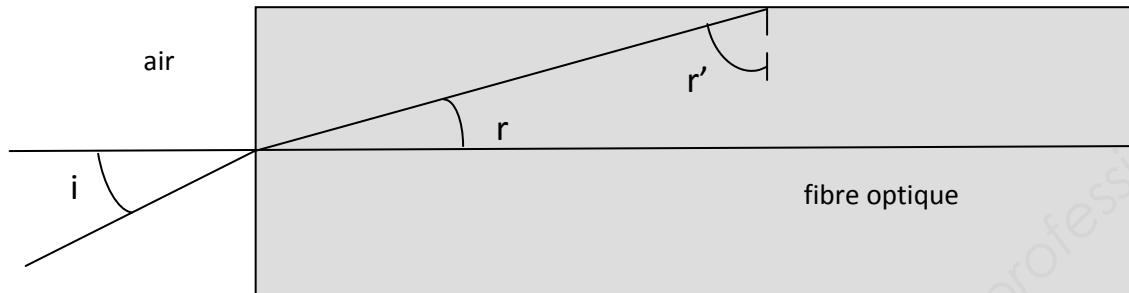
3.6. Le fournisseur électrique impose un facteur de puissance $\cos \varphi$ proche de 1.

Comment modifier l'installation pour que le facteur de puissance évolue dans le sens souhaité ?

BTS INDUSTRIES PLASTIQUES-EUROPLASTIC	SUJET	SESSION 2015
Épreuve : SCIENCES PHYSIQUES	Code : ILE3SP	Page : 6/8

4. Étude d'une fibre optique :

Les fibres optiques fabriquées dans cette entreprise sont constituées d'un matériau transparent unique. Un faisceau laser arrive sur la face d'entrée de la fibre sous une incidence $i = 25^\circ$.



Données : indices de l'air et de la fibre optique pour la propagation du faisceau laser :

$$n_{\text{air}} = 1,0$$

$$n_{\text{fibre}} = 1,6$$

4.1. Quelle est la valeur de l'angle de réfraction r à l'entrée de la fibre ?

4.2. Déterminer sous quel angle d'incidence r' le rayon atteint la bordure intérieure de la fibre.

4.3. Calculer la valeur de l'angle limite de réfraction fibre-air.

4.4. Préciser alors si le rayon lumineux étudié précédemment peut sortir de la fibre optique.

4.5. Citer une utilisation des fibres optiques.

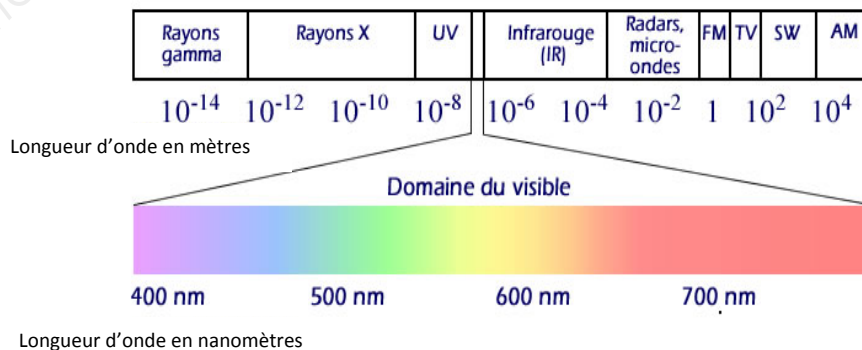
5. La lumière transmise par une fibre optique est une onde électromagnétique. En vous appuyant, entre autres sur les données suivantes, compléter **l'annexe 4 du document réponse page 8 à rendre avec la copie**, concernant les propriétés de la lumière en cochant pour chaque ligne du tableau la bonne réponse.

Données :

$$h = 6,62 \times 10^{-34} \text{ J.s}$$

$$1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$$



DOCUMENT RÉPONSE À RENDRE AVEC LA COPIE

Annexe 1 :

	Formule chimique	Nom commun	Nom en nomenclature officielle	Famille chimique
Monomère 1		Ethylène glycol		
Monomère 2		Acide téréphtalique		

Annexe 2 :

	Formule chimique	Nom commun	Nom en nomenclature officielle	Famille chimique
Monomère 1		Propylène glycol	Propane - 1,2 - diol	
Monomère 2		Acide maléique	Acide but-2-ènedioïque	

Annexe 3 :

- 1 _____
- 2 _____
- 3 _____
- N _____

Annexe 4 :

	Vrai	Faux
L'énergie d'un photon de fréquence ν a pour expression $E = h \cdot \nu$		
L'énergie d'un photon de longueur d'onde λ a pour expression $E = h / \lambda$		
L'énergie d'un photon augmente avec la longueur d'onde		
La longueur d'onde dans le vide d'un photon d'énergie $E = 9,9 \times 10^{-19}$ J est $\lambda = 2,0 \times 10^{-7}$ m		
L'énergie d'un photon de fréquence $\nu = 2,5 \times 10^{19}$ Hz est $E = 3,0 \times 10^5$ eV		
La longueur d'onde $\lambda = 400$ nm correspond à la couleur rouge		
Les rayons infrarouges sont invisibles à l'œil nu		
Les ultra-violets dégradent les matières plastiques		

BTS INDUSTRIES PLASTIQUES-EUROPLASTIC	SUJET	SESSION 2015
Épreuve : SCIENCES PHYSIQUES	Code : ILE3SP	Page : 8/8