

**BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR****PLASTIQUES ET COMPOSITES****SCIENCES PHYSIQUES****Durée 2 heures****coefficient 3**

*Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.  
Ce sujet comporte 6 pages numérotées de 1/6 à 6/6.*

*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.**

***L'usage des instruments de calcul est autorisé.***

*Il n'existe aucun texte réglementaire interdisant à un candidat d'utiliser plusieurs calculatrices pendant une épreuve de l'examen. Ces calculatrices doivent respecter les normes prévues par les textes.*

*Sont autorisées toutes les calculatrices de poche, y compris les calculatrices programmables et alphanumériques à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimantes. Afin de limiter les appareils à un format raisonnable, leur surface de base ne doit pas dépasser 21 cm de long et 15 cm de large.*

*L'échange des calculatrices entre les candidats pendant les épreuves est interdit, de même que l'usage des notices fournies par les constructeurs.*

## CHIMIE (10 points)

**I - Détermination d'une masse molaire moyenne d'un polystyrène par viscosimétrie.**

On réalise plusieurs solutions du polymère dans un solvant aromatique et pour chacune d'elles on mesure la durée d'écoulement dans un tube viscosimétrique en fonction de la concentration C.

Le tableau des résultats nous donne :

Concentration : C en $g.cm^{-3}$	$C_p$	$3C_p/4$	$C_p/2$	$C_p/4$
Durée d'écoulement : en seconde	47,4	43,5	39,7	36,0

Avec :  $C_p = 4,25 \times 10^{-3} g.cm^{-3}$ .

1) Calculer les viscosités spécifiques  $\eta_s$  (en  $cm^3.g^{-1}$ ) pour chaque concentration.

On rappelle que :  $\eta_s = \frac{t - t_0}{t_0 \cdot C}$

$t$  : temps d'écoulement pour une solution de concentration C.

$t_0 = 32,5$  s : temps d'écoulement du solvant pur .

C : concentration de la solution (en  $g.cm^{-3}$ ).

2) 2.a) Tracer la courbe  $\eta_s = f(C)$  sur une feuille de papier millimétré.

2.b) En déduire la viscosité intrinsèque (ou indice limite de viscosité)  $[\eta]$  (en  $cm^3.g^{-1}$ ) du polymère étudié.

On rappelle que  $[\eta]$  est la limite de  $\eta_s$  lorsque  $C \rightarrow 0$ .

3) La viscosité intrinsèque est liée à la masse molaire moyenne viscosimétrique par la formule de MARK-HOUWINK :

$$[\eta] = K.(\overline{M}_V)^\alpha$$

$\overline{M}_V$  : masse molaire moyenne viscosimétrique (en  $g.mol^{-1}$ ).

$[\eta]$ : viscosité intrinsèque (en  $cm^3.g^{-1}$ ).

On donne :  $K = 14,43.10^{-3}$  (avec les unités utilisées dans le problème).

$$\alpha = 0,74$$

Calculer la masse molaire moyenne viscosimétrique du polymère étudié.

## II - PBTP (polytéréphtalate de butylène).

1) Ecrire l'équation-bilan de la réaction de polycondensation entre l'acide benzène-1,4-dioïque (ou téréphtalique) et le butane-1,4-diol conduisant au PBTP (polytéréphtalate de butylène), en explicitant la formule semi-développée du motif du polymère obtenu.

- 2) 2.a) A quelle grande famille appartient ce polymère ?  
2.b) Expliquer pourquoi le PBTP résiste mal à l'eau chaude ( $\theta > 70^\circ\text{C}$ ).

3) Le PBTP étudié est semi-cristallin.

3.a) Expliquer ce qu'est un polymère semi-cristallin.

3.b) Le taux de cristallinité du polymère dépend de plusieurs facteurs.

Dire, en justifiant la réponse, si les facteurs suivants augmentent ou diminuent le taux de cristallinité d'un polymère :

- présence de plastifiant.
- refroidissement très lent.

4) On se propose de déterminer la masse molaire moyenne en nombre du PBTP. On admet que le polymère ne possède qu'une seule fonction acide par macromolécule.

Pour cela on prélève un échantillon de 4,0 g de PBTP que l'on dissout dans un solvant mixte, afin d'obtenir 100 mL de solution  $S_1$ .

- Dosage de  $S_1$  :

On prélève 20 mL de cette solution  $S_1$  que l'on dose par une solution d'hydroxyde de potassium (ou potasse) alcoolique de concentration  $C = 5,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$  en présence d'un indicateur coloré : la phénolphtaléine.

Le volume de la solution basique nécessaire au virage de l'indicateur coloré est  $V = 8,3 \text{ mL}$ .

- Dosage témoin (ou à blanc) :

On prélève 20 mL de solvant seul que l'on dose par la même solution d'hydroxyde de potassium alcoolique en présence de la phénolphtaléine.

Le volume de la solution basique nécessaire au virage de l'indicateur coloré est  $V' = 0,3 \text{ mL}$ .

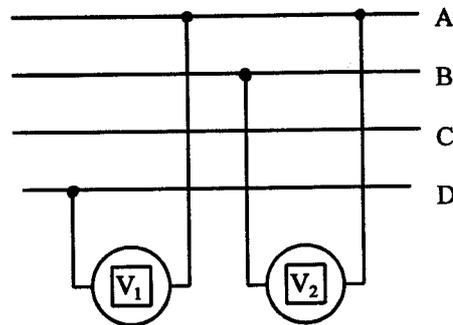
- 4.a) Avec quelle fonction chimique des macromolécules de PBTP la potasse diluée, froide réagit-elle ? Donner l'équation bilan de la réaction.
- 4.b) Calculer la quantité de matière (en mol) en ions hydroxyde ( $\text{OH}^-$ ) nécessaire à la "neutralisation" des 20 mL de  $\text{S}_1$ .
- 4.c) Calculer la quantité de matière (en mol) en ions hydroxyde ( $\text{OH}^-$ ) nécessaire à la "neutralisation" des 20 mL de solvant.
- 4.d) En déduire la quantité de matière (en mol) en ions hydroxyde ( $\text{OH}^-$ ) nécessaire à la "neutralisation" de la fonction acide présente dans les 4,0 g de PBTP.
- 4.e) Calculer la masse molaire moyenne en nombre du PBTP étudié.
- 4.f) Déduire du résultat précédent l'indice moyen  $n$  de polymérisation en nombre du PBTP étudié, sachant que  $n \gg 1$ .

*Données* : masse molaire moléculaire du motif du polymère :  $220 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ .

## PHYSIQUE (10 points)

### I - Alimentation triphasée équilibrée

1) Une alimentation triphasée comporte quatre fils A, B, C et D. Pour identifier le neutre on place deux voltmètres comme l'indique le schéma suivant :



Le voltmètre  $V_1$  indique 230V et  $V_2$  indique 400V. Quel est le fil neutre ? Expliquer.

2) On branche en triangle sur l'alimentation triphasée 230V/400V-50Hz précédente, trois dipôles identiques. Chaque dipôle est constituée d'une bobine d'inductance  $L = 0,15 \text{ H}$  et de résistance  $r = 10\Omega$ .

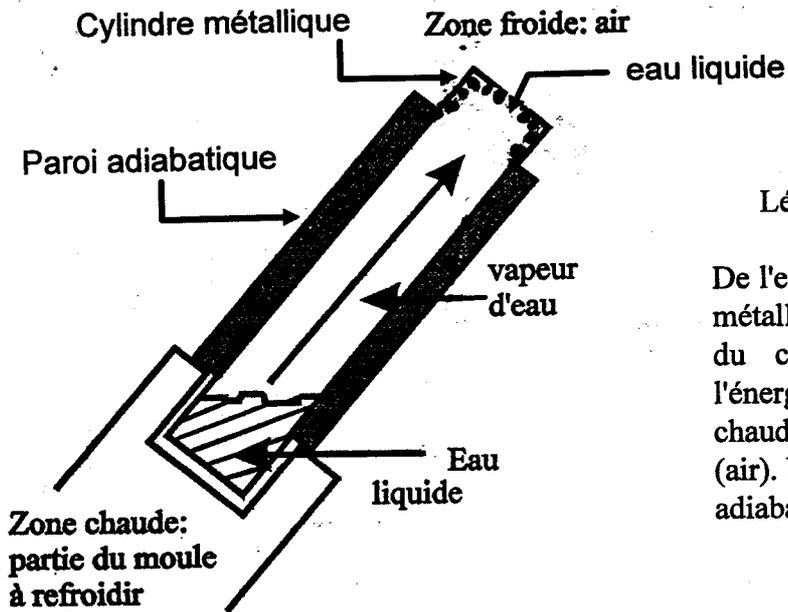
- 2.a) Représenter par un schéma le branchement des trois dipôles.
- 2.b) Calculer l'impédance  $Z$  d'un des trois dipôles.
- 2.c) Calculer l'intensité du courant circulant dans chaque dipôle.
- 2.d) En déduire l'intensité du courant électrique circulant dans un fil de phase (ou fil de ligne).

## II - Système de refroidissement de moules à injection

Dans l'injection des matières plastiques, il est nécessaire que les moules soient à des températures aussi homogènes que possible. Ainsi des circuits de refroidissement sont-ils nécessaires, mais leur implantation n'est pas toujours possible, en particulier dans les zones de faibles dimensions.

Le système couramment utilisé dans le refroidissement des moules est le "*caloduc*", dont le descriptif est donné par la figure 1 et la légende correspondante (voir page 6/6).

- 1)
  - 1.a) Qu'est-ce qu'une paroi adiabatique ?
  - 1.b) Expliquer le transfert d'énergie thermique du moule vers l'air en faisant apparaître au moins trois étapes principales quand le régime permanent est établi dans le *caloduc*.
  
- 2)
  - 2.a) En vous servant du diagramme de changement d'état  $P = f(\theta)$  de l'eau, figure 2, (page 6/6) expliquer comment varie la température d'ébullition de l'eau si la pression diminue.
  - 2.b) En déduire pourquoi le fait d'avoir une faible pression dans le cylindre permet d'obtenir de meilleures performances.
  
- 3) Un *caloduc* (voir figure 1) est utilisé pour refroidir une partie d'un moule. L'extrémité supérieure du cylindre est refroidi par l'air. Dans ces conditions la température du *caloduc* reste constante et égale à  $90^\circ\text{C}$  ; à cette température l'enthalpie massique (ou chaleur latente) de vaporisation de l'eau a pour valeur  $L_v = 1000 \text{ kJ.kg}^{-1}$  ; et la masse de liquide qui se vaporise chaque minute a pour valeur :  $m = 90 \text{ g. min}^{-1}$ .
  - 3.a) Comparer la pression existant à l'intérieur du cylindre à la pression atmosphérique.
  - 3.b) En supposant le régime permanent établi donner la masse d'eau qui se condense par minute à l'extrémité froide du cylindre.
  - 3.c) Calculer l'énergie thermique évacuée par minute.
  - 3.d) En déduire la puissance thermique évacuée.



Légende : descriptif du *caloduc*

De l'eau est enfermée dans un cylindre métallique fermé. Les deux extrémités du cylindre peuvent échanger de l'énergie thermique avec la source chaude (moule) et la source froide (air). Une partie des parois latérales est adiabatique.

Figure 1

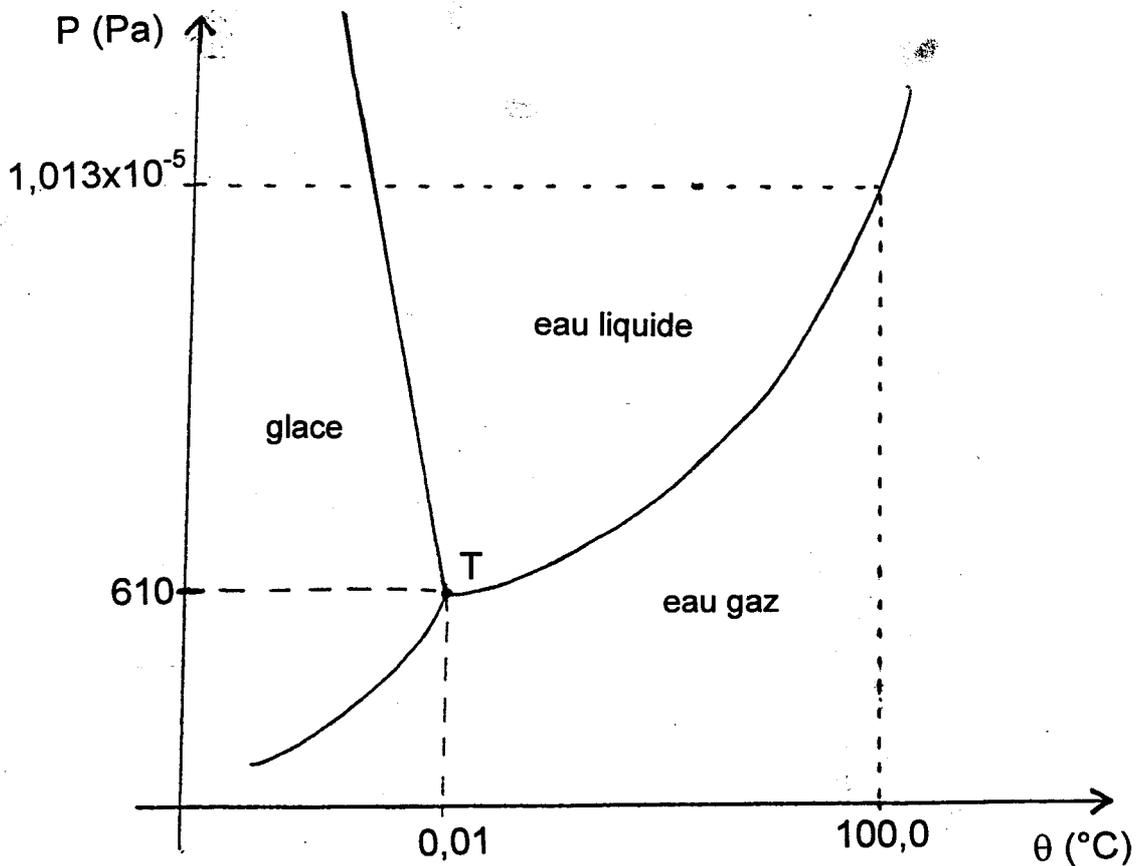


Figure 2