

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

Maintenance des Systèmes

Science Physique-Chimie

SESSION 2016

U32 Physique-Chimie

SUJET

| | | | |
|----------------------------------|---|---|---|
| CODE ÉPREUVE : MY3PHYA | EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR | | SPÉCIALITÉ : MAINTENANCE DES SYSTEMES |
| SESSION 2016 | SUJET | Epreuve U32 SCIENCE PHYSIQUE-CHIMIE | <u>Calculatrice</u> autorisée : oui |
| Durée : 2 | Coefficient : 2 | SUJET N°03VP16 | <i>Page 1 sur 6</i> |

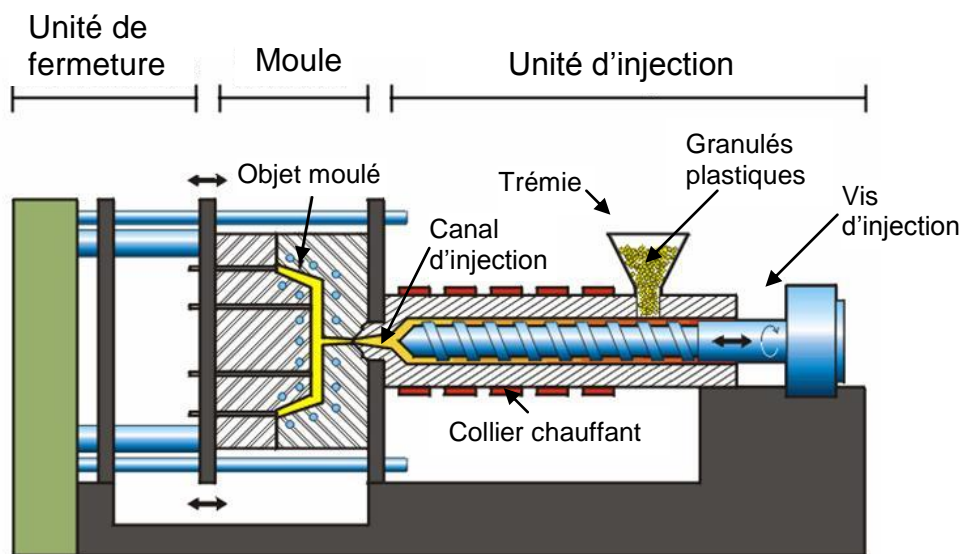
PRESSE A INJECTION PLASTIQUE

Le principal procédé de transformation des thermoplastiques est le moulage par injection sur une presse.

Des granulés plastiques sont introduits dans la presse, puis un système d'injection à collier chauffant entraîne la fusion du polymère à température élevée avant de le couler sous haute pression dans les cavités d'un moule fermé.

Il est ainsi par exemple possible de réaliser des éléments de jouets en polyéthylène.

Schéma simplifié d'une presse à injection plastique



Données concernant le polyéthylène

- masse volumique : $\rho = 960 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$;
- température de fusion : $\theta_F = 130 \text{ }^{\circ}\text{C}$;
- capacité thermique massique du PE solide : $c_s = 3,2 \times 10^3 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot^{\circ}\text{C}^{-1}$;
- capacité thermique massique du PE liquide : $c_L = 3,1 \times 10^3 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot^{\circ}\text{C}^{-1}$;
- chaleur latente de fusion : $L_F = 1,6 \times 10^5 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Partie A : à propos de polymères

1. Le polyéthylène

Polymère de synthèse très utilisé notamment pour la fabrication de sacs en plastique, le polyéthylène est un polymère thermoplastique, translucide, facile à manier et résistant au froid.

Il est issu de la polymérisation de l'éthylène $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$.

| | | |
|----------------|------------------------------|--------------|
| Session : 2016 | BTS Maintenance des systèmes | Page 2 sur 6 |
| Sujet n°03VP16 | U32 SCIENCE PHYSIQUE-CHIMIE | |

1.1. Après avoir défini le terme « thermoplastique », donner l'avantage écologique principal qu'il y a à utiliser un polymère thermoplastique plutôt qu'un thermodurcissable ?

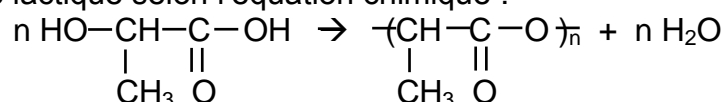
1.2. Écrire l'équation chimique traduisant la réaction de polymérisation de l'éthylène.

1.3. Calculer le degré n de polymérisation du polyéthylène sachant que sa masse molaire est égale à 1400 g.mol^{-1} .

Masses molaires atomiques en g.mol^{-1} : $\text{H} = 1$; $\text{C} = 12$.

2. L'acide polylactique

L'acide polylactique (PLA) est un polymère biodégradable utilisé pour remplacer le polyéthylène des sacs en plastique distribués dans le commerce. Il s'obtient à partir de l'acide lactique selon l'équation chimique :



Identifier le monomère et le motif de l'acide polylactique.

Partie B : échanges énergétiques lors de la fabrication d'un objet moulé

Pour accroître la cadence de fabrication de l'objet moulé dans la presse à injection plastique, il est nécessaire de refroidir le plus vite possible le moule.

1. Masse de polyéthylène injectée

La trémie alimente la vis de plastification en granulés de polyéthylène (PE). La masse m de matière nécessaire à la fabrication de l'objet moulé est égale à 15 g. Le volume V_e de l'empreinte du moule vaut 13 cm^3 .

1.1. Montrer que tout le PE injecté dans la presse n'est pas utilisé.

1.2. Préciser le pourcentage de PE inutilisé.

2. Échange thermique dans l'unité d'injection

Les granulés plastiques sont introduits dans la trémie à la température ambiante $\theta_A = 20^\circ\text{C}$. Les actions conjuguées de la vis et des colliers chauffants vont permettre d'amener les granulés à une température d'injection θ_i .

2.1. Montrer que l'énergie nécessaire Q pour amener la masse $m = 15 \text{ g}$ de PE de l'état solide, à la température θ_A , à l'état liquide, à la température de fusion du PE, θ_F est égale à $Q = 7,7 \text{ kJ}$.

2.2. La température finale d'injection est θ_{finale} égale à 220°C . Quelle est l'énergie supplémentaire Q' utilisée ?

| | | |
|----------------|------------------------------|--------------|
| Session : 2016 | BTS Maintenance des systèmes | Page 3 sur 6 |
| Sujet n°03VP16 | U32 SCIENCE PHYSIQUE-CHIMIE | |

3. Refroidissement de l'objet moulé :

Le flux thermique Φ_{TH} échangé par conduction à travers les parois du moule dépend de la résistance thermique du moule $R_{TH} = 2,0 \text{ }^{\circ}\text{C}.\text{W}^{-1}$ ainsi que de la température intérieure du moule θ_{int} et de la température ambiante $\theta_A = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

3.1. Montrer que, lorsque la température intérieure du moule est égale à 220°C , la valeur du flux thermique Φ_{TH} est égale à 100 W .

3.2. Justifier que la valeur de ce flux thermique diminue au cours du refroidissement de l'objet moulé.

3.3. On considère que la valeur du flux thermique Φ_{TH} reste constante et égale à 98 W lorsque la température de l'objet moulé passe de 220°C à 210°C et que la totalité du PE injecté se refroidit, soit $m = 15 \text{ g}$.

3.3.1. Calculer la durée de ce refroidissement.

3.3.2. La durée du refroidissement total de l'objet moulé, obtenue par le calcul avec l'hypothèse faite que la valeur du flux thermique reste constante, sera-t-elle supérieure, égale ou inférieure à la valeur réelle du temps de ce refroidissement ?

3.3.3. Suggérer une solution pour augmenter la cadence de fabrication des objets moulés.

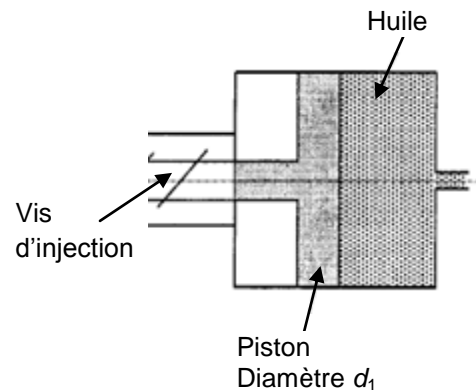
Partie C : quelques éléments de la presse

1. Vérin hydraulique

Lors de l'injection, la rotation de la vis est arrêtée. Un vérin, dont le piston a un diamètre d_1 égal à 100 mm , pousse alors la matière plastique dans le canal d'injection. La pression d'huile P_1 dans le vérin est égale à 40 bars .

Données :

- $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$;
- poids d'un corps de masse m : $P = mg$ où g est l'intensité de la pesanteur ;
- intensité de la pesanteur : $g = 10 \text{ N/kg}$.



1.1. Après avoir montré que la section du piston vaut $S_1 = 78,5 \text{ cm}^2$, calculer l'intensité de la force F_1 exercée par l'huile sur le piston. Quelle serait la masse d'un corps de même poids ?

1.2. La pression P_2 exercée par la vis sur le polyéthylène à l'entrée du canal d'injection est de 400 bars . En s'appuyant sur le schéma d'ensemble de la presse proposé en introduction du sujet page 2, expliquer qualitativement pourquoi la pression augmente dans cette proportion.

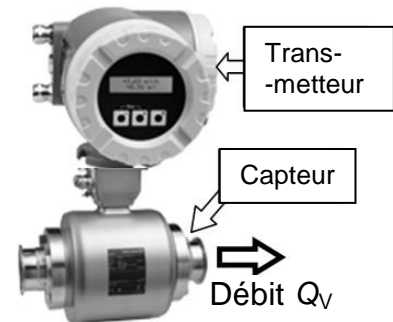
| | | |
|----------------|------------------------------|--------------|
| Session : 2016 | BTS Maintenance des systèmes | Page 4 sur 6 |
| Sujet n°03VP16 | U32 SCIENCE PHYSIQUE-CHIMIE | |

2. Débitmètre

Un circuit d'eau froide permet de maintenir la température du moule à 20°C. Un système automatisé permet de régler de débit Q_V de l'eau en fonction de la température du moule.

La mesure du débit est confiée à un débitmètre électromagnétique Promag 50H Endress (photo ci-contre).

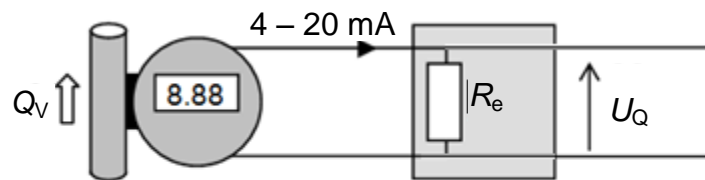
Le capteur est inséré le long de la conduite PVC de refoulement et son orifice est de section égale à celle de la conduite, à savoir $S_{\text{int}} = 20 \text{ cm}^2$.



Le constructeur donne les caractéristiques suivantes :

- gamme de mesure : $0,10 \text{ m}^3/\text{h} < Q_V < 100 \text{ m}^3/\text{h}$
- sortie courant : 4 - 20 mA

L'information « débit Q_V » est transmise à un automate sous forme d'une tension analogique U_Q , obtenue par un convertisseur assimilable à une résistance R_e de valeur 500 Ω .



2.1. Sachant que la vitesse d'écoulement dans la conduite varie entre les valeurs 0,010 et 10 m.s^{-1} , indiquer, en justifiant, si ce débitmètre est adapté à cette situation.

2.2. Tension U_Q

2.2.1. Déterminer la plage de variation de la tension U_Q .

2.2.2. Cette tension est contrôlée à l'aide d'un voltmètre sur lequel on lit : 4,817 (en V).



Le constructeur indique une précision sous la forme : $0,3 \%L + 2 \text{ UR}$.

L est la lecture et UR l'unité de représentation, c'est-à-dire la plus petite valeur que l'affichage numérique peut donner pour le calibre utilisé.

Donner la valeur de la tension U_Q ici mesurée sous la forme :

$$U_Q = (\dots \pm \dots) \text{ V}$$

| | | |
|----------------|------------------------------|--------------|
| Session : 2016 | BTS Maintenance des systèmes | Page 5 sur 6 |
| Sujet n°03VP16 | U32 SCIENCE PHYSIQUE-CHIMIE | |

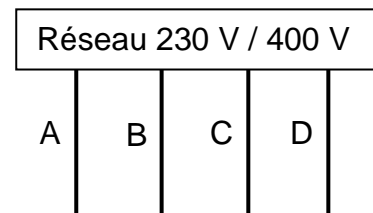
Partie D : aspects électriques

1. Réseau d'alimentation

Les dispositifs électriques de la presse sont alimentés par un réseau triphasé de fréquence 50 Hz. Les couleurs des fils n'obéissant pas à la norme en vigueur, on souhaite identifier le neutre de l'installation en mesurant différentes tensions entre les fils repérés par les lettres A, B, C, D.

On mesure 230 V entre les fils A et B d'une part, et 400 V entre les fils B et D d'autre part.

Identifier le neutre de l'installation en expliquant le raisonnement suivi.



2. Dispositif de chauffage de la matière plastique

Le chauffage de la matière plastique est réalisé par trois colliers se comportant chacun comme un conducteur ohmique de résistance $R = 130 \, \Omega$. Ces colliers sont couplés en étoile avec neutre au réseau et constituent une charge équilibrée.

2.1. Représenter le schéma de couplage des colliers en plaçant les voltmètres permettant la mesure des valeurs efficaces de la tension simple V_{eff} et de la tension composée U_{eff} du réseau. Préciser les valeurs indiquées par les voltmètres ainsi que le mode utilisé (AC ou DC).

2.2. Calculer la valeur efficace I_{eff} du courant dans un collier.

2.3. Préciser, en justifiant, le rôle du fil de neutre dans ce montage des colliers.

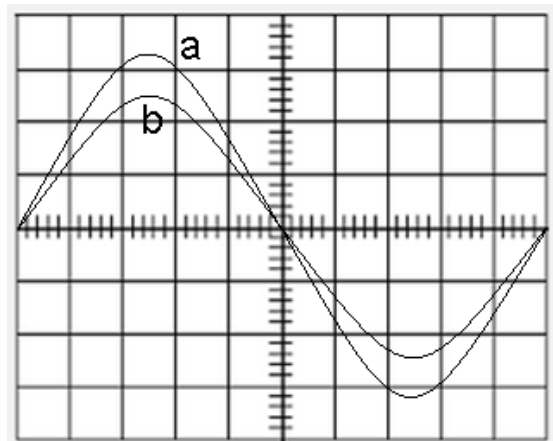
2.4. Les oscillogrammes de la tension $v_1(t)$ (entre phase 1 et neutre) et du courant $i_1(t)$ circulant dans le fil de phase 1 (obtenu avec une pince ampèremétrique à effet hall) sont représentés ci-après.

sensibilité voie 1 : 100 V / div

sensibilité voie 2 : 100 mV / div

base de temps : 2 ms / div

pince à effet hall de sensibilité :
100 mV / A



Indiquer, en justifiant, quelle courbe (a ou b) correspond au chronogramme du courant.

2.5. La puissance mesurée sur cette installation de chauffage est de 1220 W.

Retrouver le résultat de cette mesure par un calcul.