



SERVICES CULTURE ÉDITIONS
RESSOURCES POUR
L'ÉDUCATION NATIONALE

**Ce document a été numérisé par le CRDP de Bordeaux pour la
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel.**

Campagne 2012

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR ÉTUDE ET RÉALISATION D'OUTILLAGE

U 32 : SCIENCES PHYSIQUES ET CHIMIQUES APPLIQUÉES

Durée 2 heures coefficient 2

SESSION 2012

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 7 pages numérotées de 1/7 à 7/7

Document à rendre avec la copie :
Annexe page 7/7

BTS ETUDE ET REALISATION D'OUTILLAGES	SUJET	SESSION 2012
Epreuve : U 32 Sciences physiques et chimiques appliquées	Code : ERE3SPC	Page : 1/7

PROTOTYPAGE PAR PHOTOPOLYMÉRISATION

La stéréolithographie est un procédé de fabrication d'objets solides par superpositions successives de tranches fines à partir d'un modèle numérique. La méthode la plus ancienne utilise le principe de la photopolymérisation.

Un schéma de principe du dispositif est représenté **figure 1**.

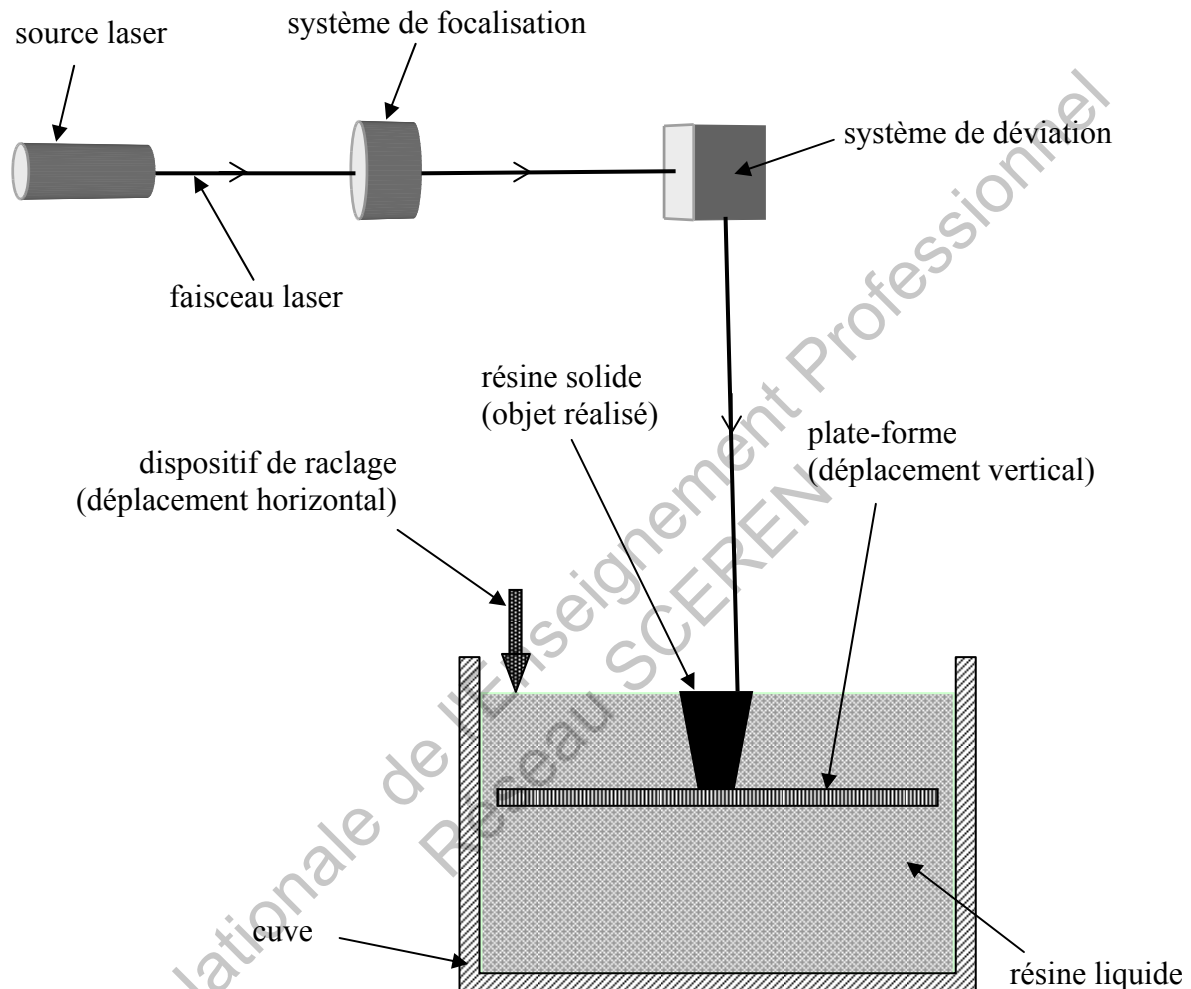


Figure 1 : schéma de principe du dispositif

Une plate-forme, immergée dans une résine liquide, supporte l'objet à réaliser. Elle est positionnée au-dessous de la surface de la résine à une hauteur correspondant à l'épaisseur d'une section définie par le constructeur. Le dispositif de raclage intervient pour niveler uniformément la surface.

Le faisceau laser solidifie la couche de résine liquide en surface aux endroits spécifiés. Son intensité au point d'impact et sa trajectoire sont commandés par les systèmes optiques de focalisation et de déviation. Ceux-ci sont pilotés par un ordinateur qui interprète les données fournies par un logiciel.

Après la réalisation de la section, la plate-forme descend dans la cuve pour réaliser une nouvelle section. La succession des cycles de réalisation des différentes couches empilées permet l'obtention d'une pièce tridimensionnelle.

Le sujet est constitué de **5 parties indépendantes** :

- Partie A : Le matériau
- Partie B : La cuve
- Partie C : Le laser
- Partie D : Le système de déviation optique
- Partie E : Le dispositif de raclage

Le nombre de chiffres significatifs d'un résultat devra être cohérent avec les données de l'énoncé. Une attention particulière sera apportée aux unités utilisées.

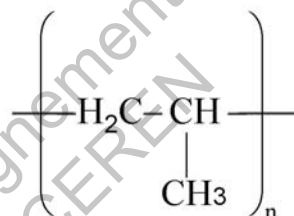
A : Le matériau (3 points)

La matière première utilisée pour la photopolymérisation est une résine liquide généralement constituée d'un mélange de monomères et d'un photoinitiateur. Le matériau post-polymérisé est à l'état solide.

- A.1. Expliciter le terme « photopolymérisation » ?
- A.2. Qu'est-ce qu'un monomère ?
- A.3. Une fiche technique d'une résine vendue dans le commerce indique l'obtention d'un « matériau précis et flexible, simulant l'aspect et les propriétés du *polypropylène* ».

Donnée :

formule semi-développée du polypropylène :



Écrire la réaction chimique permettant d'obtenir le polypropylène par addition en précisant le nom du monomère correspondant.

B : La cuve (6 points)

La cuve est de forme parallélépipédique de longueur L , de largeur ℓ et de hauteur H . Le niveau de la résine liquide dans la cuve est maintenu constant pendant toute la phase de fabrication. La surface est à une hauteur h par rapport au fond de la cuve (**figure 2**). Le volume de la plate-forme immergée est négligé.

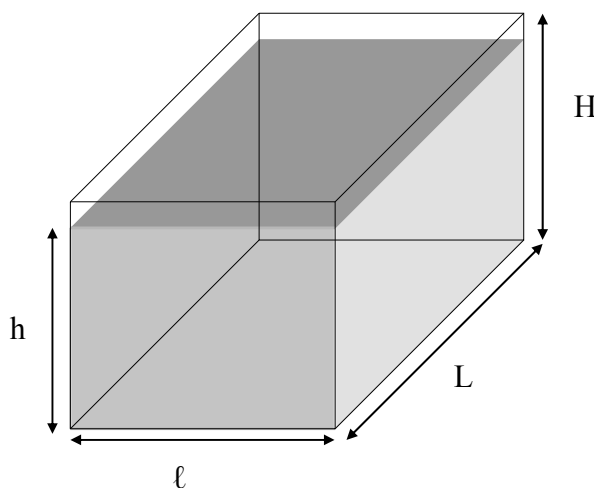


Figure 2 : résine liquide dans la cuve

Données :

dimension de la cuve :

longueur : $L = 650 \text{ mm}$

largeur : $\ell = 350 \text{ mm}$

hauteur : $H = 300 \text{ mm}$

hauteur de résine liquide dans la cuve : $h = 270 \text{ mm}$

masse volumique de la résine à une température de 25°C :

$\rho_l = 1,14 \text{ g.cm}^{-3}$ à l'état liquide

$\rho_s = 1,19 \text{ g.cm}^{-3}$ à l'état solide (post-polymérisé)

accélération de la pesanteur : $g = 9,81 \text{ N.kg}^{-1}$

B.I. Contenance et masse maximale de l'objet produit

B.I.1. Déterminer le volume total V de résine liquide initialement dans la cuve en m^3 .

B.I.2. Déterminer la masse M_l totale de résine liquide correspondant à ce volume.

B.I.3. En supposant que l'objet réalisé a le même volume V , déduire la masse maximale M_s que devra supporter le système de levage de la plate-forme.

B.II. Détection du niveau de liquide dans la cuve

La remise à niveau de la résine liquide au cours de la fabrication s'effectue automatiquement grâce la mesure de la pression au fond de la cuve.

B.II.1. A partir de la relation de la statique des fluides, donner l'expression de la pression P_f au fond de la cuve en fonction de la pression atmosphérique P_{atm} , de la masse volumique ρ_l , du champ de pesanteur g , et de la hauteur h de résine liquide.

B.II.2. En déduire l'expression de la pression relative $\Delta P = P_f - P_{\text{atm}}$. Calculer ΔP en Pa.

B.II.3. Le niveau de la résine liquide descend de $1,00 \text{ mm}$. Déterminer la nouvelle valeur de la pression relative $\Delta P'$.

C. Le laser (4 points)

Le laser utilisé est de type solide, triplé en fréquences (Nd :YVO4).

Données :

Longueurs d'ondes dans le domaine du visible :

$\lambda_{\text{rouge}} = 700 \text{ nm}$

$\lambda_{\text{violet}} = 450 \text{ nm}$

Données du constructeur pour le laser :

Longueur d'onde : $\lambda = 354,7 \text{ nm}$

Puissance nominale à la tête du laser (sortie de la source laser) : $P_t = 2000 \text{ mW}$

Puissance garantie dans la cuve (à la surface de la résine) : $P_c = 1000 \text{ mW}$

Garantie laser : $t = 5000 \text{ heures}$

- C.1. De quel domaine fait partie l'onde émise par le laser ? Justifier.
- C.2. Déterminer la valeur de la puissance perdue P_p dans les différents systèmes optiques.
- C.3. Quel est le rendement global η des systèmes optiques ?
- C.4. Déterminer la valeur de l'énergie en joule utilisée pour la photopolymérisation pendant la durée de la « garantie laser ».
- C.5. L'énergie minimale par unité de surface nécessaire pour polymériser la résine est de $10,5 \text{ mJ.cm}^{-2}$. En déduire la surface maximale (répartie sur différentes couches) que l'on peut réaliser pendant cette durée.

D. Le système de déviation optique (3 points)

Le système de déviation optique permet de diriger le faisceau laser en tout point de la surface de la résine liquide. Il est constitué de deux miroirs fixés à des moteurs galvanométriques (**figure 3**).

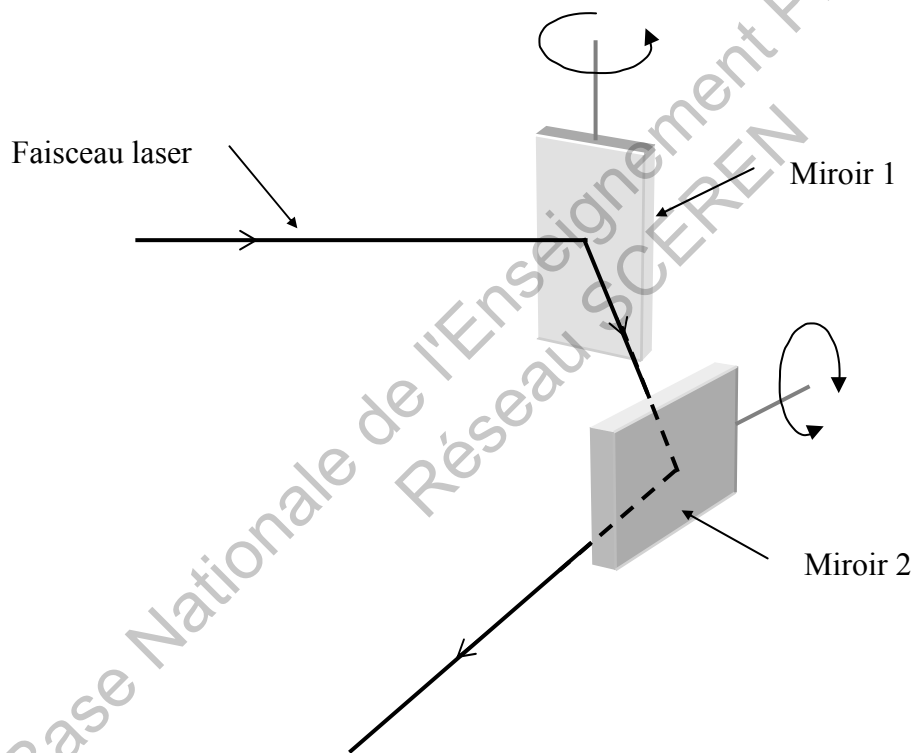


Figure 3 : système de déviation optique

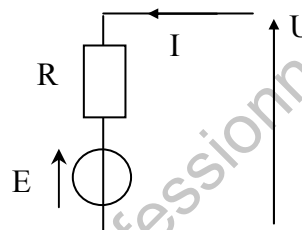
- D.1. **Sur l'annexe à rendre avec la copie**, trois rayons du faisceau laser sont représentés avant réflexion sur le miroir 2. Compléter le trajet de ces rayons jusqu'à la surface de la résine liquide.
- D.2. Le diamètre réel D du faisceau laser à la surface de la résine est de $0,300 \text{ mm}$. La puissance P_c du laser est alors de 1000 mW . Calculer l'intensité lumineuse I en W.m^{-2} du faisceau laser à la surface de la résine.

E. Le dispositif de raclage (4 points)

Un petit moteur à courant continu à aimant permanent permet de déplacer horizontalement le dispositif de raclage. La vitesse de balayage de celui-ci dépend de la vitesse de rotation de l'arbre du moteur.

Données :

Modèle électrique équivalent de l'induit du moteur :



La notice du constructeur donne entre autre les indications suivantes :

Tension d'alimentation de l'induit : $U = 24,0 \text{ V}$

Résistance de l'induit : $R = 7,90 \Omega$

Puissance utile nominale : $P_{uN} = 11,0 \text{ W}$

Rendement nominal : $\eta_M = 80,0 \%$

Vitesse de rotation n à vide : $n_v = 8400 \text{ tr. min}^{-1}$

Intensité du courant courant I à vide : $I_v = 29,0 \text{ mA}$

E.1. A partir du modèle électrique équivalent de l'induit du moteur, exprimer la f.é.m. E en fonction des grandeurs U , R et I .

E.2. Calculer la valeur de la f.é.m. E à vide notée E_v .

E.3. On rappelle que la f.é.m. E est proportionnelle à la vitesse de rotation n . Elle peut s'exprimer sous la forme $E = k.n$. A l'aide des grandeurs à vide E_v et n_v , déterminer la valeur de la constante k et préciser son unité.

E.4. A partir du rendement nominal, déterminer la puissance électrique P_{aN} absorbée par le moteur en régime nominal.

E.5. En déduire I_N , la valeur de l'intensité du courant nominal I circulant dans l'induit.

E.6. Calculer alors la f.é.m. E en régime nominal, notée E_N , puis la vitesse de rotation nominale n_N .

ANNEXE
A RENDRE AVEC LA COPIE

