



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**

session 2011

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR INDUSTRIES PLASTIQUES - EUROPLASTIC

SCIENCES PHYSIQUES

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 9 pages numérotées de 1/9 à 9/9.*

Documents à rendre avec la copie :**DOCUMENTS REPONSES 1 et 2 page 8/9****DOCUMENTS REPONSES 2 et 3 page 9/9**

PARTIE CHIMIE (40 points)

LES POLYMÈRES AUTO-RÉPARANTS

Une pièce en matière plastique se détériore au cours de son utilisation, ce qui diminue sa durée de vie. Depuis une dizaine d'années des chercheurs élaborent des nouveaux matériaux offrant des capacités d'auto-cicatrisation, afin de prolonger leur usage.

Ce sujet va aborder différentes méthodes envisagées pour rendre un plastique auto-réparant, en permettant le rétablissement des liaisons inter- et intramoléculaires rompues lors de la formation des micro-fissures.

EXERCICE 1 : LE VIEILLISSEMENT DES POLYMÈRES. (3 POINTS)

Les polymères que l'on va étudier sont principalement conçus pour auto-réparer les micro-fissures causées par les contraintes mécaniques exercées sur une pièce.

1. Citer une caractéristique physique du matériau qui est dégradée lors de son vieillissement.
2. Quel peut être l'effet d'un rayonnement ultraviolet sur les macromolécules des polymères ?
3. Comment peut-on limiter ce phénomène ?

EXERCICE 2 : RÉPARATIONS DÉCLENCHÉES. (16,5 POINTS)

On parle de réparations déclenchées quand les matériaux sont conçus pour se réparer sous l'effet d'un agent extérieur.

1. Réparation sous l'effet de la chaleur.

Pour les thermoplastiques amorphes, quand on élève la température au-dessus de la température de transition vitreuse, on observe que les fissures se comblent. Ce phénomène est d'autant plus rapide que la température est élevée.

- 1.1. Définir le terme amorphe.
- 1.2. Pourquoi les fissures se comblent-elles lorsque l'on est au-dessus de la transition vitreuse ?
- 1.3. Quel est l'inconvénient de réchauffer une pièce au-dessus de sa température de transition vitreuse ?

Des chercheurs ont développé un polymère transparent qui est formé par une réaction de réticulation, qui peut être inversée par apport de chaleur. Par conséquent, en chauffant la zone abimée de ce polymère, il y a dépolymérisation puis repolymérisation lors du refroidissement ; une nouvelle réticulation comble la fissure et rend au matériau des caractéristiques proches de celles qu'il avait initialement.

- 1.4. Donner la définition d'un thermoplastique. Ce polymère est-il un thermoplastique ?
- 1.5. Définir à l'aide d'un schéma la structure d'un polymère réticulé.

2. Réparation sous l'effet d'un rayonnement électromagnétique.

Une autre méthode développée est basée sur un polyuréthane (PUR).

Le polyuréthane utilisé est synthétisé à partir d'un dérivé du diisocyanate d'hexaméthylène (HDI) et du polyéthylène glycol (PEG), dont on donne les formules ci-dessous (cf fig. 1 et 2) :

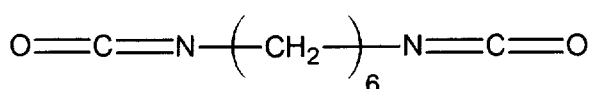


fig. 1 : HDI

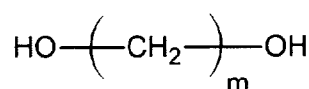


fig. 2 : PEG

2.1. Écrire la réaction de polymérisation du polyuréthane obtenu à partir de ces deux molécules.

Le diisocyanate d'hexaméthylène est un produit toxique. Le tableau suivant en donne les principales caractéristiques.

Masse molaire	168,2 g.mol ⁻¹
Température de fusion	- 67 ° C
Température d'ébullition	255 ° C
Point d'éclair (en coupelle ouverte)	135 ° C
VLE	0,15 mg.m ⁻³
VME	0,075 mg.m ⁻³

2.2. Quel est l'état physique du HDI à température ambiante ?

2.3. Le HDI est-il considéré comme une substance inflammable ? Justifier votre réponse.

2.4. Définir et expliquer l'acronyme VLE.

2.5. Montrer que la VME est voisine de 0,01 ppm. Commenter cette valeur.

On donne : Volume molaire d'un gaz (à température et pression ambiantes) : $V_M = 24 \text{ L.mol}^{-1}$

On greffe des molécules d'oxétane sur les chaînes de polyuréthane. L'oxétane est un cycle formé par trois atomes de carbone et un atome d'oxygène, qui a la particularité de s'ouvrir sous l'effet d'un rayonnement de longueur d'onde $\lambda = 302 \text{ nm}$. Les parties réactives du cycle rompu d'oxétane peuvent se lier aux chaînes cassées par la formation d'une microfissure, ce qui permet la réparation du matériau.

2.6. Donner la formule semi-développée de l'oxétane, de formule brute $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$.

2.7. Quel est le domaine électromagnétique du rayonnement qui peut rompre le cycle d'oxétane ?

2.8. Déterminer l'énergie d'un photon ayant cette longueur d'onde.

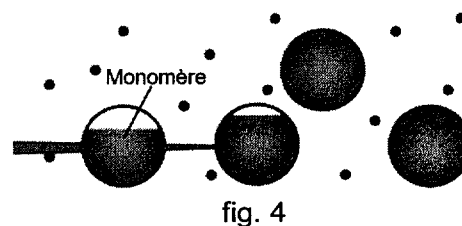
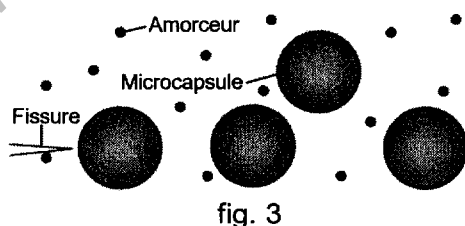
On donne : Constante de Planck $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$
Vitesse de la lumière $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

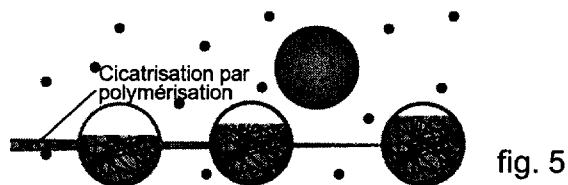
EXERCICE 3 : RÉPARATIONS AUTOMATIQUES. (20,5 POINTS)

Certains matériaux sont conçus pour se réparer sans intervention extérieure, on parle de réparations automatiques.

1. Réparation à l'aide de microcapsules.

Des chercheurs ont mis au point un copolymère séquencé (SBS) du polystyrène (PS) et du polybutadiène (BR) dans lequel est dispersé un amorceur et un monomère enfermé dans des microcapsules. Lorsqu'une fissure se forme et se propage (fig. 3), elle rompt aussi les microcapsules et le monomère s'écoule dans la fissure (fig. 4). Le contact de l'amorceur avec le monomère enclenche sa polymérisation. Une fois celle-ci accomplie, la fissure est comblée (fig. 5).





Le polymère étudié est un copolymère séquencé.

- 1.1. Définir les termes copolymère et séquencé, puis citer un autre type de copolymère.
- 1.2. Donner les motifs de polystyrène (PS) et de polybutadiène (BR).
- 1.3. Écrire la réaction de polymérisation du polystyrène.
- 1.4. Ce copolymère séquencé contient une fraction massique de polybutadiène égale à 0,750. Déterminer le nombre de motifs de polybutadiène et de polystyrène contenu dans 1,00 kg de ce copolymère.

On donne : Masse molaire de l'hydrogène $M_H = 1,00 \text{ g.mol}^{-1}$
 Masse molaire du carbone $M_C = 12,0 \text{ g.mol}^{-1}$

- 1.5. En déduire la fraction molaire du polybutadiène de ce copolymère.

2. Polymères assemblés par liaison hydrogène.

Le matériau étudié dans cette partie n'est plus rigoureusement un polymère : en effet, même s'il est constitué d'un réseau de chaînes obtenues par répétition de mêmes motifs de base, ceux-ci ne sont pas liés entre eux par des liaisons covalentes mais par des liaisons hydrogène. Les chercheurs ont constaté que l'élastomère obtenu était auto-réparant : les liaisons hydrogène rompues se reforment spontanément. Ainsi, si on coupe l'élastomère en remettant en contact ses extrémités sectionnées, la réparation s'opère. (cf fig. 6).



fig. 6

- 2.1. À quelles conditions une liaison hydrogène peut-elle exister ?
- 2.2. Qu'est-ce qui distingue une liaison covalente d'une liaison hydrogène.

Pour que les motifs de base soient fortement liés, il est nécessaire qu'au moins quatre liaisons hydrogène s'établissent entre eux. L'extrémité du motif de base est présentée sur la figure 7.

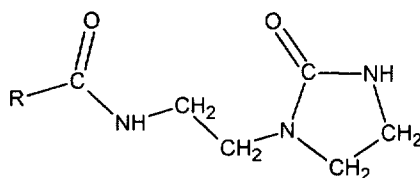


fig. 7

R indique le reste du motif de base.

- 2.3. Sur le document réponse 1 page 8 à rendre avec la copie, indiquer les liaisons hydrogène qui s'établissent entre les extrémités des motifs de base.
- 2.4. Quel autre type de liaison est parfois utilisé dans les polymères ?

Pour fabriquer ces motifs de base on fait réagir des di- ou tri- esters méthyliques avec des molécules d'UDETA afin d'obtenir des motifs di- ou trifonctionnels, permettant de fabriquer des thermoplastiques et des élastomères.

Cette réaction équilibrée (fig. 8) est rendue totale par l'élimination du méthanol produit.

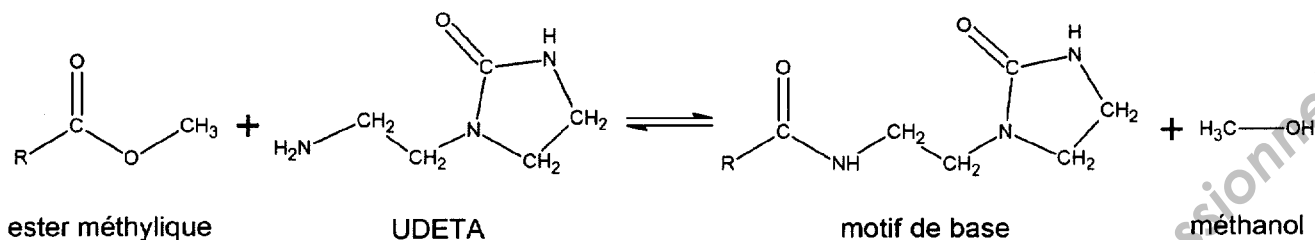
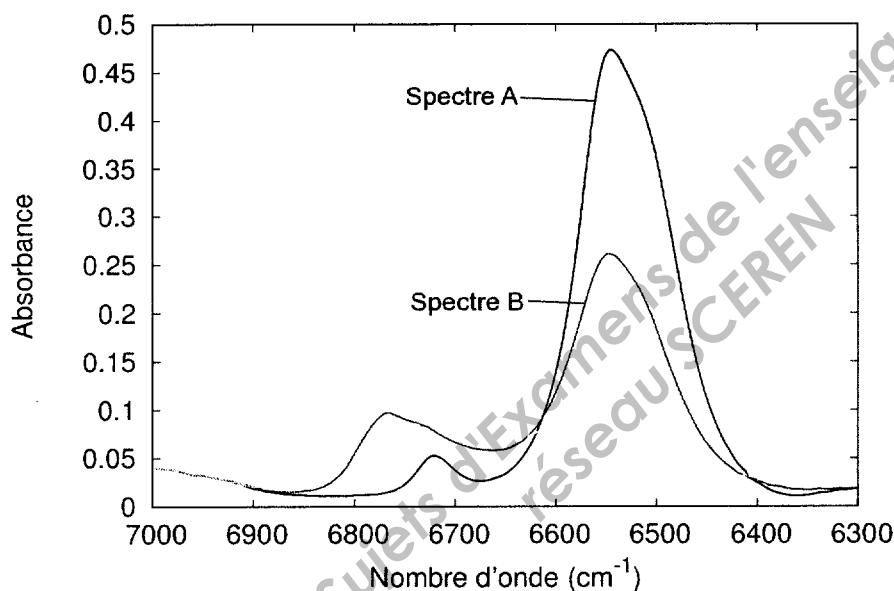


fig. 8

On se propose d'étudier la cinétique de cette réaction conduite dans les proportions stœchiométriques. On utilise pour cela un suivi spectroscopique dans le proche infrarouge. On observe sur la figure 9 le spectre du milieu réactionnel à deux instants A et B différents.



Groupe d'atomes	Pic d'absorption
-NH ₂	6550 cm ⁻¹
-NH-	6750 cm ⁻¹ env.

fig. 9

2.5. Déterminer l'ordre chronologique des spectres A et B. Justifier votre réponse.

Le suivi spectroscopique a permis de calculer les concentrations en UDETA dans le milieu réactionnel à différents instants :

t (min.)	0	20	70	140	270
[UDETA] (mol.L ⁻¹)	10,0 x 10 ⁻²	7,0 x 10 ⁻²	4,0 x 10 ⁻²	2,5 x 10 ⁻²	1,5 x 10 ⁻²

2.6. Tracer l'évolution de la concentration d'UDETA au cours du temps sur le document réponse 2 page 8 à rendre avec la copie.

2.7. On appelle temps de demi-réaction t_{1/2} le temps nécessaire pour que la moitié de toutes les réactions possibles dans le mélange réactionnel se soient déroulées. Déterminer graphiquement le temps de demi-réaction de cette réaction.

2.8. Calculer la vitesse volumique de disparition à l'instant t = 20 min.

PHYSIQUE (20 points)

CHAUFFAGE PAR INFRA ROUGE

Une thermoformeuse est utilisée afin de ramollir des pièces en polystyrène cristal (PS cristal). Son système de chauffage est composé d'émetteurs céramiques.

EXERCICE 1 : FONCTIONNEMENT ÉLECTRIQUE DES ÉMETTEURS CÉRAMIQUES.

(8pts)

1. On a relevé le chronogramme de la tension $u(t)$ (CH1) aux bornes d'un émetteur céramique ainsi que l'allure du courant $i(t)$ (CH2) qui traverse celui-ci, à l'aide d'une pince ampèremétrique qui délivre une tension de 100 mV pour 1 A. On obtient l'oscillogramme ci-dessous :

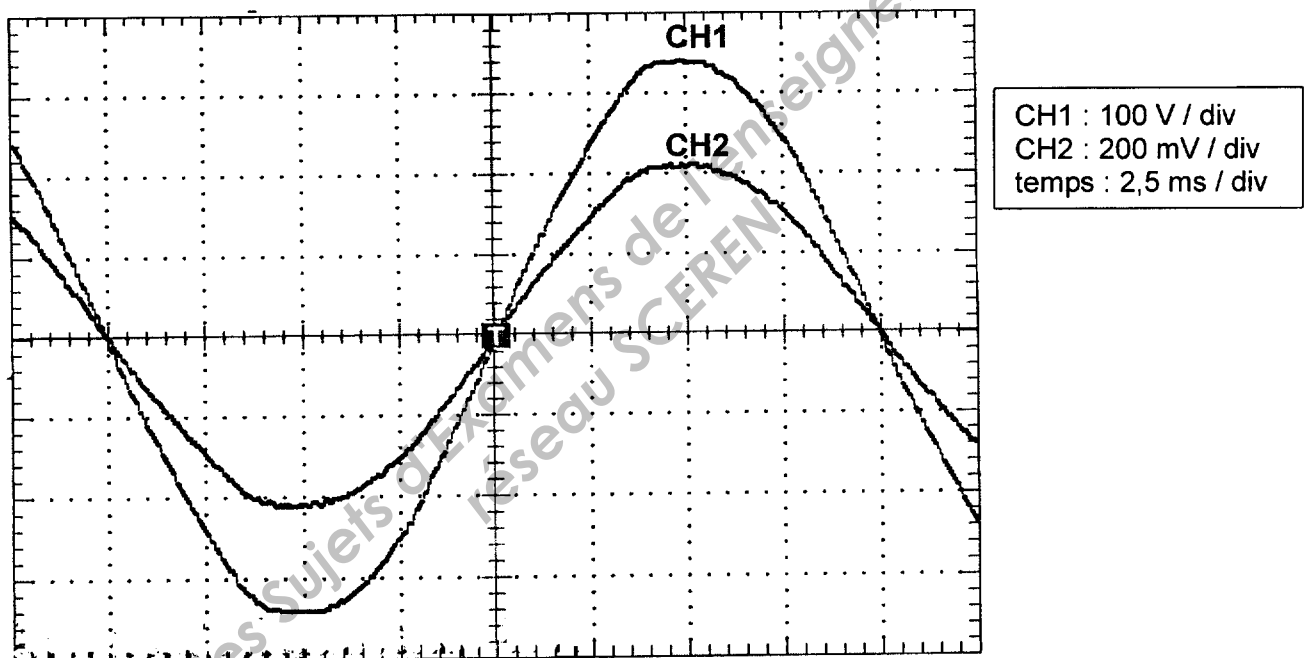
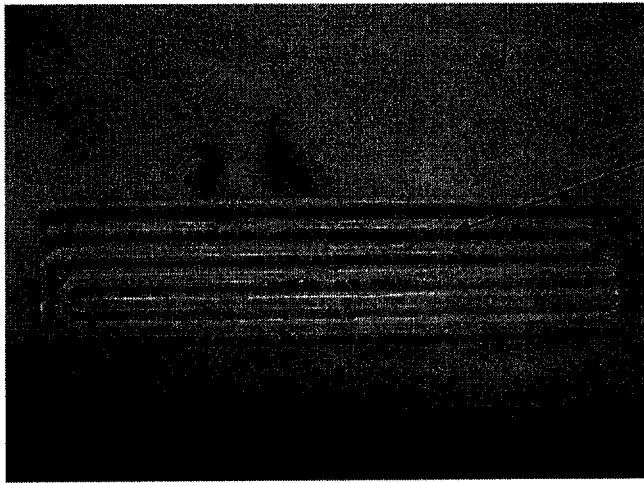


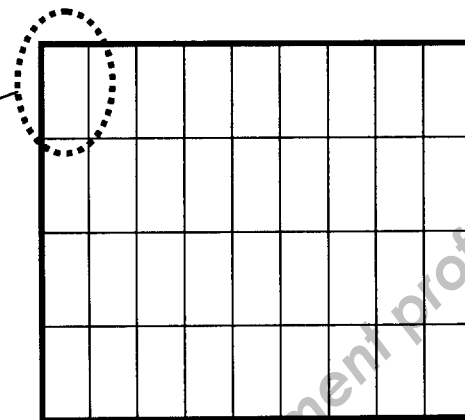
figure 10

- 1.1 Quelle est la nature du composant à l'intérieur de la céramique (résistive, inductive ou capacitive) ? Justifier votre réponse à l'aide de l'oscillogramme.
- 1.2 Déterminer la valeur efficace U de la tension.
- 1.3 Montrer que la valeur efficace I de l'intensité du courant est 2,8 A.
- 1.4 Quelle est la valeur de la résistance R de l'émetteur céramique ?
- 1.5 Quelle est la valeur de la puissance P_d dissipée par un émetteur céramique dans la configuration étudiée ?

2. La thermoformeuse est en fait formée d'un panneau rectangulaire constitué de 36 émetteurs céramiques (voir figure 11 et 12). Que vaut la puissance totale P_{tot} fournie par un panneau ?



Émetteur céramique (Acim Jouanin)
fig. 11



Panneau d'émetteurs céramiques
fig. 12

3. On dispose d'un réseau électrique 230 V / 400 V / 50 Hz. Chaque émetteur fonctionne sous une tension de 230 V.

3.1 Comment doit-on connecter au réseau chaque émetteur céramique ? Justifier votre réponse.

3.2 Sur le document réponse 3 page 9 à rendre avec la copie, compléter un schéma électrique équilibré permettant de câbler les 36 émetteurs céramiques.

EXERCICE 2 : ÉTUDE ÉNERGÉTIQUE. (5pts)

Chaque feuille à thermoformer est en PS cristal.

On donne :

longueur : 100 cm largeur : 67,5 cm épaisseur : 0,080 cm
 capacité thermique massique du PS cristal : $c_p = 1,2 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$
 masse volumique du PS cristal : $\rho_{ps} = 1,04 \text{ kg.dm}^{-3} = 1,04 \text{ g.cm}^{-3}$
 (à 20°C et sous pression atmosphérique).

1. Déterminer le volume V exprimé en cm^3 d'une feuille de PS cristal.
2. En déduire la masse m d'une feuille de PS cristal.
3. On considère que la température de l'atelier est de 20° C. Pour le thermoformage, la feuille de PS cristal doit être portée à la température de 130° C. Calculer la quantité d'énergie Q nécessaire à cette opération.
4. Sachant que le temps de chauffe est de 16 s, calculer la puissance P nécessaire au thermoformage d'une feuille de PS cristal.
5. Un panneau d'émetteurs céramiques émet une puissance d'environ 24 kW. On considère que seulement 20% de cette puissance sert à élever la température de la feuille de PS cristal. Un seul panneau est-il suffisant ? Justifier votre réponse.

EXERCICE 3 : GUIDAGE LASER. (7pts)

On souhaite découper la feuille de PS cristal à l'aide d'une scie à guidage laser. Le laser utilisé a pour fréquence $4,6 \times 10^{14}$ Hz.

1. Calculer la longueur d'onde du rayon émis par le laser dans le vide.

On donne : célérité de la lumière dans le vide $c = 3,0 \times 10^8$ m.s⁻¹

2. Le rayonnement émis est-il dans le domaine du visible ?

3. **Le document réponse 4 page 9** représente un agrandissement d'une partie de la feuille de PS cristal, quand elle est soumise au faisceau laser.

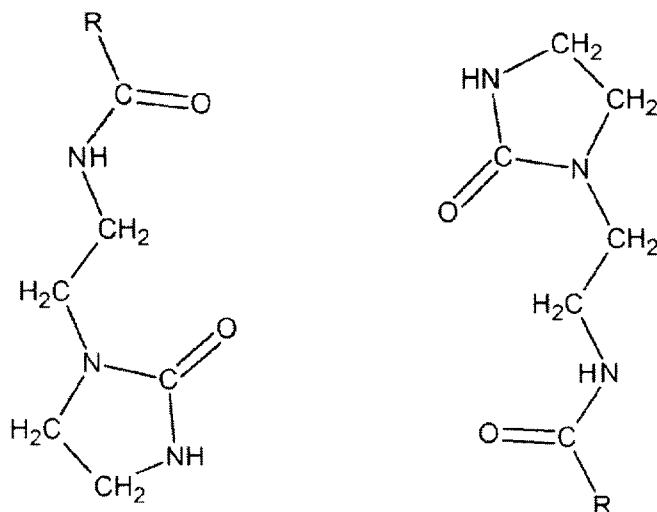
On donne : $n_{\text{air}} = 1,0$ et $n_{\text{PS}} = 1,6$

3.1 Montrer que l'angle de réfraction au point I est proche de 18° pour un angle d'incidence de 60° , puis représenter qualitativement **sur le document réponse 4 page 9 à rendre avec la copie** la suite du trajet à travers le PS cristal du rayon incident issu du laser et arrivant au point I.

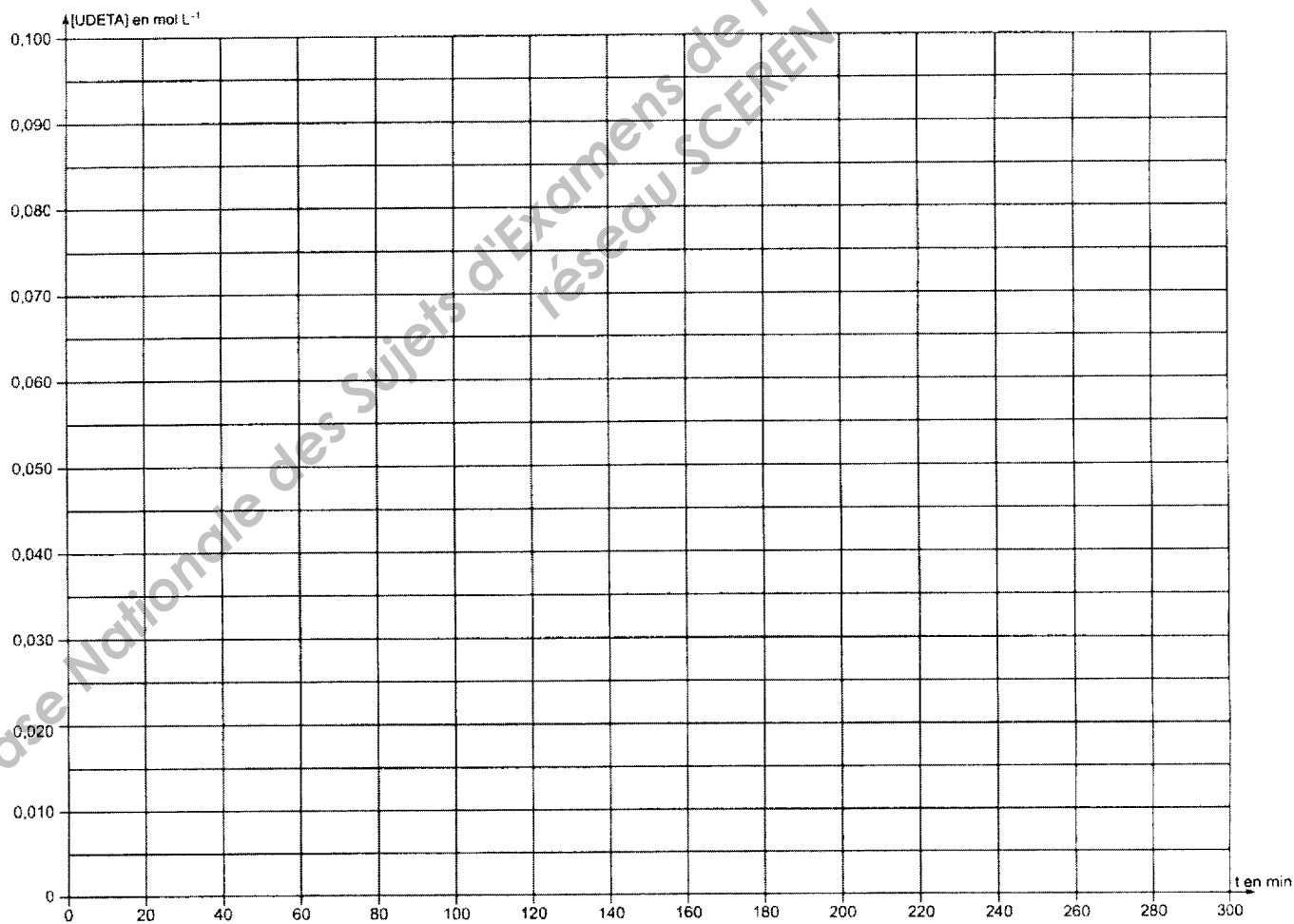
3.2 Ce rayon va sortir du PS cristal en J. Placer le point J et dessiner le trajet poursuivi par ce rayon hors du PS cristal en justifiant votre tracé.

3.3 Que peut-on dire des rayons incident et issu du PS cristal ?

DOCUMENT RÉPONSE 1 À RENDRE AVEC LA COPIE



DOCUMENT RÉPONSE 2 À RENDRE AVEC LA COPIE



DOCUMENT REPONSE 3 À RENDRE AVEC LA COPIE

1 _____

2 _____

3 _____

N _____

DOCUMENT REPONSE 4 À RENDRE AVEC LA COPIE

