



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 2013

BTS AMÉNAGEMENT FINITION

ÉPREUVE DE SCIENCES PHYSIQUES APPLIQUÉES

SESSION 2013

Durée : 2 heures

Coefficient : 2

Matériel autorisé :

La calculatrice (conformément à la circulaire n°99-186 du 16/11/1999) est autorisée.

Tout autre matériel est interdit.

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Le sujet comporte 7 pages, numérotées de 1/7 à 7/7.

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

BTS AMÉNAGEMENT FINITION		
Session 2013	Sciences physiques appliquées	AFE3SC
Coefficient : 2	Durée : 2 heures	Page 1/7

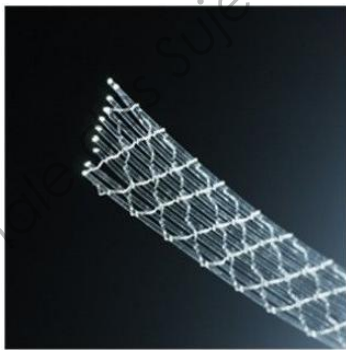
LE POLYMÉTHACRYLATE DE MÉTHYLE

Le PMMA ou polyméthacrylate de méthyle est un polymère connu depuis 1932 sous le nom de plexiglas. Cette matière plastique possède des propriétés physiques remarquables :

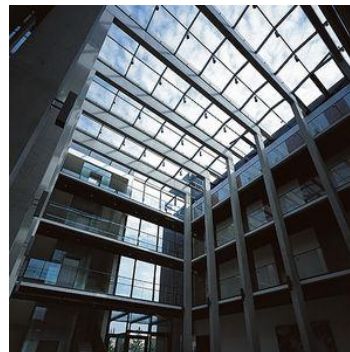
- une transparence à la lumière supérieure à celle du verre,
- une excellente tenue aux agents atmosphériques ainsi qu'aux UV,
- une légèreté due à sa faible masse volumique,
- une solidité qui le protège des rayures,
- une grande flexibilité
- ...

Dans le secteur du bâtiment, parmi de nombreuses applications, on peut citer l'emploi du PMMA dans les panneaux photovoltaïques en remplacement du verre. Le PMMA est également utilisé dans l'ameublement, l'agencement et la décoration de magasins.

Ce sujet aborde l'utilisation du PMMA dans les vitrages et les fibres optiques.



Fibres optiques en PMMA



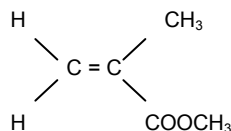
Vitrage en PMMA

(Photos extraites du site internet « archiexpo »)

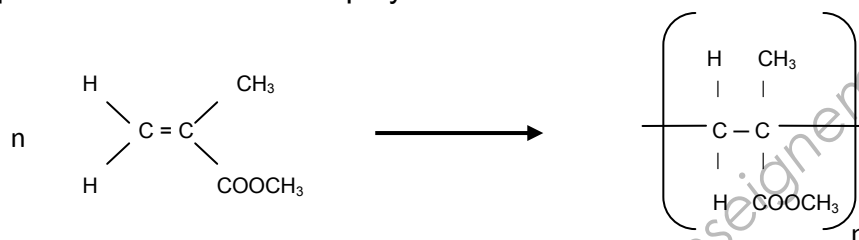
CHIMIE (8 points)

I - CHIMIE ORGANIQUE (4,5 points)

Le vitrage étudié est en polyméthacrylate de méthyle (PMMA) dont le monomère est



L'équation de la réaction de polymérisation s'écrit :



Données :

Masses molaires : $M(\text{H}) = 1 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(\text{C}) = 12 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(\text{O}) = 16 \text{ g.mol}^{-1}$

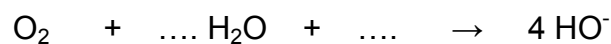
1. Calculer la masse molaire moléculaire M_m du monomère.
2. La masse molaire du PMMA utilisé ici est $M_p = 3,00 \times 10^3 \text{ kg.mol}^{-1}$. Calculer l'indice de polymérisation n de ce polymère. Expliquer à quoi correspond n .
3. Sous l'action de la chaleur, le PMMA peut être fondu puis remoulé. Préciser si ce polymère est un thermodurcissable ou un thermoplastique.
4. On souhaite fabriquer une vitre aux dimensions suivantes : 300 cm x 200 cm x 1,0 cm. Calculer le volume V , en m^3 , de PMMA nécessaire.
5. En déduire la masse m de cette vitre en PMMA sachant que la masse volumique du PMMA utilisé est $\rho = 1190 \text{ kg.m}^{-3}$.
6. Si le matériau choisi avait été du verre, la masse du même vitrage aurait été de 150 kg environ. Conclure sur l'un des avantages à utiliser le PMMA.

II - CORROSION DES MÉTAUX (3,5 points)

Le cadre de la fenêtre est conçu en aluminium (Al). Comme nombre de métaux, l'aluminium peut être corrodé par des agents oxydants présents dans l'atmosphère.

Données : $E^\circ (\text{Al}^{3+} / \text{Al}) = - 1,66 \text{ V}$; $E^\circ (\text{O}_2 / \text{HO}^-) = - 0,09 \text{ V}$ (à pH = 8)

1. Écrire la demi-équation électronique qui traduit la corrosion de l'aluminium ; préciser si c'est une oxydation ou une réduction en justifiant brièvement.
2. On considère que l'attaque de l'aluminium a lieu par le dioxygène de l'air en milieu légèrement basique (présence d'ions HO^-).
Recopier sur votre copie, en la complétant, la demi-équation électronique du couple O_2 / HO^- :



3. À partir des données, justifier le fait que le dioxygène peut réagir avec l'aluminium.
4. Proposer un moyen de protéger les métaux de l'oxydation.

THERMIQUE (5 points)

On rappelle l'expression du flux thermique surfacique : $\varphi = \frac{\Delta\theta}{R}$, R étant la résistance thermique surfacique définie par : $R = \frac{e}{\lambda} + r_{si} + r_{se}$ et $\Delta\theta$ l'écart entre les deux températures de chaque côté de la surface considérée.

Données :

- simple vitrage : PMMA d'épaisseur $e_1 = 10 \text{ mm}$ ou verre d'épaisseur $e_2 = 10 \text{ mm}$
- températures de l'air à l'intérieur et à l'extérieur de la maison, respectivement $\theta_i = 18^\circ\text{C}$ et $\theta_e = 4^\circ\text{C}$
- conductivité thermique du PMMA : $\lambda_1 = 0,170 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$
- conductivité thermique du verre : $\lambda_2 = 1,15 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$
- résistances thermiques surfaciques superficielles interne et externe : respectivement $r_{si} = 0,13 \text{ m}^2.\text{K.W}^{-1}$ et $r_{se} = 0,04 \text{ m}^2.\text{K.W}^{-1}$ (on considérera ces valeurs identiques pour le verre et le PMMA)
- coût du kilowattheure (kWh) électrique : 0,08 €
- dimensions du vitrage : 300 cm x 200 cm x 1,0 cm

1. Vérifier que les résistances thermiques surfaciques R_1 du PMMA et R_2 du verre valent respectivement $0,23 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ et $0,18 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$.
2. Calculer les flux thermiques surfaciques ϕ_1 dans le cas du PMMA et ϕ_2 dans le cas du verre, en $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$.
3. Montrer que le flux thermique traversant la surface vitrée en PMMA vaut $\phi_1 = 3,7 \times 10^2 \text{ W}$ et que celui traversant la même surface en verre est égal à $\phi_2 = 4,7 \times 10^2 \text{ W}$.
4. Calculer, en kWh, l'énergie E_1 perdue à travers le vitrage en PMMA puis l'énergie E_2 perdue à travers le vitrage en verre, pendant 24 h, en considérant l'écart de température constant pendant toute cette durée.
5. Sur une durée de 24 h, le vitrage en PMMA permet ainsi de réaliser une économie d'énergie d'environ 2 kWh par rapport à une surface vitrée en verre classique. Calculer l'économie financière réalisée sur une année comportant 180 jours de chauffage.

OPTIQUE (7 points)

ÉTUDE D'UN SYSTÈME D'ÉCLAIRAGE NATUREL À FIBRES OPTIQUES EN PMMA

Pour différentes raisons, la lumière naturelle constitue le meilleur des éclairages. Plus belle, plus agréable, elle est aussi la meilleure pour notre santé et notre bien-être. De plus elle est gratuite. Mais comment en bénéficier dans les pièces ne comportant pas d'ouverture sur l'extérieur ?

Le système schématisé figure 1 montre une solution innovante et intéressante d'un point de vue écologique. Il collecte la lumière naturelle du soleil et la redirige à l'intérieur de la maison, via six fibres optiques en polyméthacrylate de méthyle (PMMA) regroupées dans un câble. À l'extrémité du câble, un luminaire, ici un spot, dirige la lumière vers le plan de travail d'une cuisine que l'on souhaite éclairer.

Ce type de système constitue une alternative aux puits de lumière et aux grandes verrières sources d'excès de chaleur.

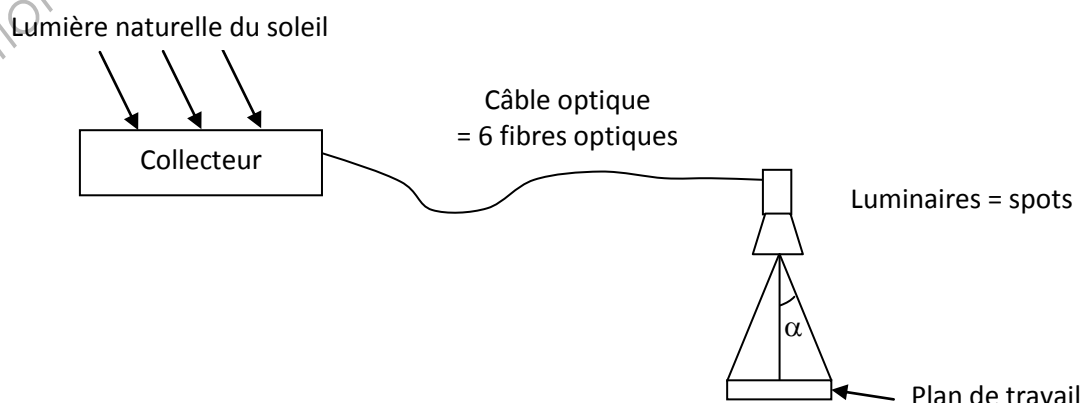
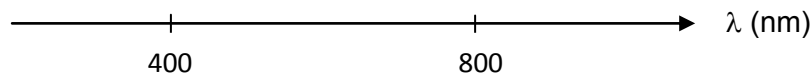


Figure 1 – Schéma de principe du système complet

I - Le collecteur de lumière solaire (2,5 points)

La lumière naturelle est composée de radiations visibles, de radiations infrarouges et de radiations ultraviolettes.

1. Reproduire sur votre copie l'axe ci-dessous ; situer sur cet axe les domaines correspondant aux radiations visibles, infrarouges et ultraviolettes.



2. Un filtre infrarouge et un filtre ultraviolet équipent le collecteur. Quel peut être l'intérêt d'utiliser un filtre infrarouge ?
3. Lors d'une journée très ensoleillée, l'éclairement énergétique E_e au niveau du toit sur lequel est placé le collecteur est de $1,0 \text{ kW.m}^{-2}$. Ce capteur de lumière a une surface utile S de $0,25 \text{ m}^2$. L'efficacité lumineuse du rayonnement solaire vaut $K = 100 \text{ lm.W}^{-1}$.
 - a. Calculer le flux énergétique ϕ_e reçu par le capteur.
 - b. En déduire que le flux lumineux ϕ_l collecté par le capteur est égal à $25 \times 10^3 \text{ lumens (lm)}$.

Formulaire :

$$E_e = \frac{\phi_e}{S} : \text{éclairement énergétique d'une surface } S \text{ recevant un flux } \phi_e$$

II - Les fibres optiques (2,5 points)

Le flux lumineux ϕ_0 qui pénètre effectivement dans le câble optique vaut en fait $5,5 \times 10^3 \text{ lm}$. Les fibres optiques sont fabriquées en polyméthacrylate de méthyle (PMMA).

On donne :

- indice de réfraction de l'air : $n_a = 1,00$
- indice de réfraction du cœur : $n_1 = 1,52$.

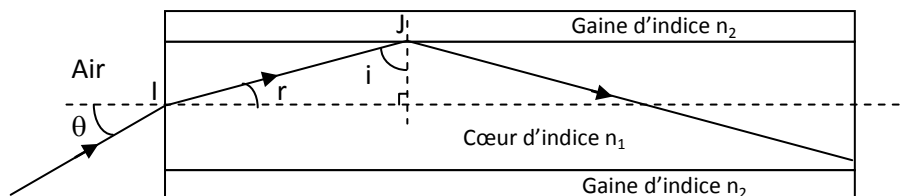


Figure 2 – Propagation de la lumière dans une fibre optique

Au point J (voir figure 2 page 6/7), si l'angle i dépasse une valeur limite i_{lim} , le rayon réfracté n'existe pas. Il existe alors seulement le rayon réfléchi, qui reste confiné dans le cœur de la fibre ; on parle de réflexion totale.

C'est toujours de cette façon que la fibre optique est utilisée, car ainsi il n'y a pas de pertes par réfraction au niveau de la gaine et la lumière injectée dans la fibre se propage par une suite de réflexions totales.

1. Si $i = i_{\text{lim}} = 78,6^\circ$ déterminer l'angle r par des considérations géométriques.
2. Sachant que la loi de Descartes, formule qui relie l'angle d'incidence θ et l'angle de réfraction r , s'écrit au point I : $n_a \cdot \sin \theta = n_1 \cdot \sin r$, calculer l'angle θ qui donne la valeur de r calculée à la question 1.

La lumière est injectée sous forme d'un faisceau dont tous les rayons ont un angle d'incidence inférieur à θ . Ainsi l'angle i reste toujours supérieur à la valeur limite i_{lim} et il n'y a pas de pertes par réfraction.

Néanmoins une atténuation du faisceau lumineux a lieu car le PMMA absorbe une partie de la lumière qui le traverse. Ainsi le câble transmet 95 % de la lumière par mètre.

3. Calculer le flux lumineux ϕ_1 transmis à l'extrémité d'un câble qui mesure 2 m de long.

III – Les spots lumineux (2 points)

À l'extrémité d'un câble de 5 m, le flux lumineux ϕ_2 est égal à $4,2 \times 10^3$ lm. Ce flux est réparti dans les 6 fibres optiques regroupées dans le câble ; cela permet d'éclairer une ou plusieurs pièces avec un total de 6 spots.

Un de ces spots est placé à une distance $d = 1,8$ m au-dessus du plan de travail dans une cuisine. Le spot est muni d'un dispositif optique qui permet de répartir uniformément le flux lumineux dans un cône de demi-angle $\alpha = 30^\circ$ (voir figure 1 page 5/7).

1. Calculer l'angle solide Ω (en stéradian (sr)) du faisceau lumineux émis par chaque spot sachant que $\Omega = 2\pi (1 - \cos \alpha)$.
2.
 - a. Quel est le flux lumineux ϕ_3 émis par un seul spot sachant que le flux lumineux ϕ_2 est réparti équitablement entre les fibres optiques ?
 - b. Calculer l'intensité lumineuse I , en candela (cd), émise par un spot.
3. Vérifier que l'éclairement E au point du plan de travail situé à la verticale du spot vaut $2,6 \times 10^2$ lx.

Formulaire :

$$\text{Intensité lumineuse : } I = \frac{\phi}{\Omega}$$