



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

**Campagne 2010**

Ce fichier numérique ne peut être reproduit, représenté, adapté ou traduit sans autorisation.

|   |
|---|
| <p style="text-align: center;"><b>BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR</b><br/><b>INDUSTRIES PLASTIQUES - EUROPLASTIC</b></p> |
|---|

## 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 8 pages numérotées de 1 à 8.*

**Document à rendre avec la copie :**

**Annexe .....page 8**

**Une feuille de papier millimétré sera distribuée avec la copie**

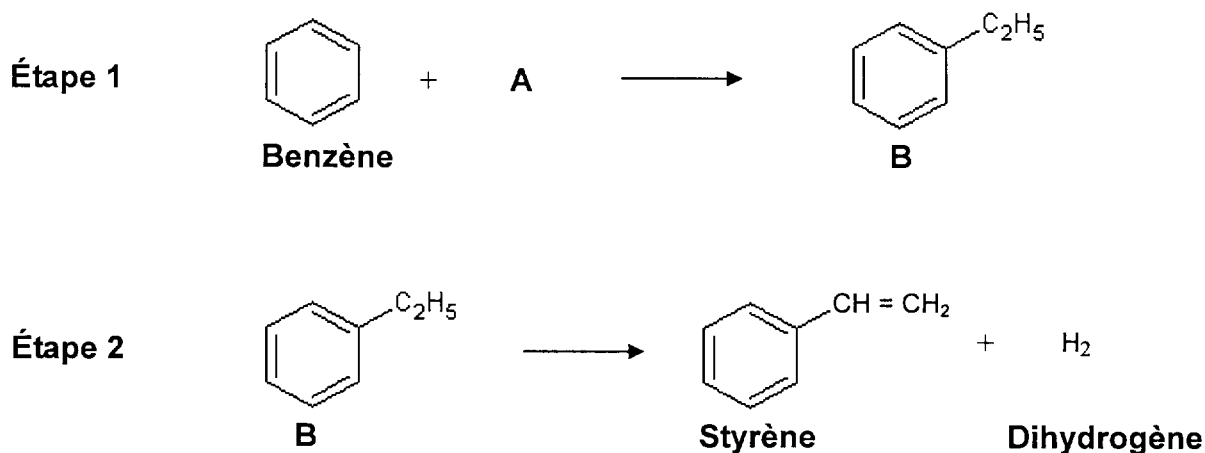
## PARTIE CHIMIE (40 points)

### EXERCICE 1 : LE COPOLYMÈRE BUTADIÈNE – STYRÈNE. (23 POINTS)

#### Partie A : Le styrène.

Le styrène est un composé organique aromatique de formule chimique  $C_8H_8$ . C'est un liquide à température et à pression ambiantes. Le styrène est un composé chimique incolore, huileux, toxique et inflammable. Il est naturellement présent en faibles quantités dans certaines plantes, et est produit industriellement à partir du pétrole.

La synthèse du styrène se fait en deux étapes, en présence d'oxydes métalliques chargés de catalyser la réaction.



1. Donner la formule semi-développée et le nom du réactif **A** agissant sur le benzène lors de l'étape 1.
2. Donner le nom en nomenclature officielle du composé intermédiaire **B**.
3. Parmi les types de réaction suivants, attribuer en justifiant, celui qui correspond à l'étape 2 :  
 a- addition                      b- substitution                      c- élimination.

Le styrène présente une certaine nocivité, caractérisée par les indicateurs suivants :

DL 50 (rats) = 2650 mg.kg<sup>-1</sup>  
 VME = 215 mg.m<sup>-3</sup>  
 VLE = 100 ppm  
 pictogramme de sécurité : Xn (nocif)  
 phrases R : 10, 20, 36/38 Inflammable. Nocif par inhalation. Irritant pour les yeux et la peau.  
 phrases S : 23 Ne pas respirer les vapeurs.

4. Expliquer la signification de l'indicateur DL 50 (rats).
5. Donner la signification des termes VME et VLE.

On donne :

masse molaire du styrène :  $M = 104 \text{ g.mol}^{-1}$

volume molaire d'un gaz à la température de  $20^\circ\text{C}$  et à la pression de  $1013 \text{ hPa}$  :  $V_m = 24 \text{ L.mol}^{-1}$

6. Exprimer la VLE en  $\text{mg.m}^{-3}$ .

7. Quelles sont les précautions à prendre lors de la manipulation du styrène ?

L'utilisation principale du styrène est la fabrication du polystyrène.

8. Donner la formule semi-développée d'un motif du polystyrène.

9. Nommer les trois étapes du mécanisme radicalaire de cette polymérisation par addition.

### **Partie B : Le copolymère styrène-butadiène.**

La réaction de copolymérisation en émulsion du butadiène et du styrène date des années 1930. Elle permet d'obtenir un latex styrène-butadiène utilisé dans les adhésifs, sur le papier des magazines ou encore dans le béton. On peut aussi après floculation et séchage, obtenir le copolymère solide qui va être utilisé dans l'industrie du caoutchouc.

On produit chaque année plusieurs millions de tonnes de ce latex par polymérisation radicalaire en émulsion.

1. Donner la formule semi-développée du buta-1,3-diène.

A basse température ( $5^\circ\text{C}$ ), la polymérisation du latex styrène-butadiène nécessite les espèces chimiques suivantes :

| <i>Espèces chimiques</i>  | <i>Masse en g<br/>pour 100 g de monomère</i> |
|---|--|
| Styrène   | 28   |
| Buta-1,3-diène  | 72   |
| Sel de potassium colophane dismuté (agent tensioactif)                | 48   |
| Eau   | 200  |
| Peroxyde d'isopropylcumène  | 0,08   |
| $\text{FeSO}_4$ (réducteur)   | 0,2  |
| $^T\text{DDM}$ (agent de transfert qui évite la formation de pontage) | 0,21   |

2. D'après le tableau précédent, indiquer les espèces chimiques qui permettent de justifier qu'il s'agit bien d'une transformation chimique d'une part radicalaire et d'autre part en émulsion.

3. Le copolymère obtenu est statistique. Que signifie ce terme ? Donner le nom et la structure de deux autres arrangements possibles pour un copolymère.

Afin d'améliorer les propriétés physico-chimiques, le copolymère styrène-butadiène est vulcanisé. Ainsi grâce à sa forte résistance à l'abrasion, le caoutchouc styrène-butadiène vulcanisé est largement répandu dans les pneus de voiture et de camion, les courroies, le revêtement de sol, l'isolation de fils et de câbles, les chaussures ...

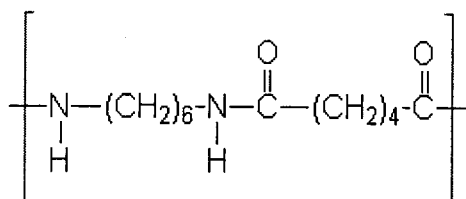
Le procédé de vulcanisation consiste à mélanger à chaud, le polymère, du soufre et divers additifs dont des activateurs (oxyde de zinc et acide stéarique), un accélérateur (mercaptobenzothiazole), des charges (silice), un plastifiant (phtalate de dioctyle), un antioxydant et un anti-UV (noir de carbone).

4. Expliquer le rôle de chacun des adjuvants suivants : plastifiant, antioxydant, anti-UV.

## EXERCICE 2 : LE POLYAMIDE 6-6 OU PA 6-6. (17 POINTS)

### Partie A : La structure du PA 6-6.

Le motif du PA 6-6 est le suivant :



1. Donner le nom et la formule semi-développée de chacun des monomères du PA 6-6.

2. Écrire l'équation de la polymérisation par condensation correspondante faisant intervenir n moles de chaque monomère.

La reprise d'humidité est une des propriétés les plus importantes des polyamides. Elle résulte de liaisons hydrogène.

3. Expliquer pourquoi le PA 6-6 peut former des liaisons hydrogène avec les molécules d'eau.

### Partie B : Détermination du taux de cristallinité.

La détermination du taux de cristallinité peut se faire par mesure de la masse volumique.

La formule liant le taux de cristallinité en masse  $X_c$  et la masse volumique  $\rho$  d'un échantillon est la suivante :

$$X_c = \frac{\rho_c}{\rho} \times \frac{\rho - \rho_a}{\rho_c - \rho_a}$$

avec :  $\rho_c$  : masse volumique du même échantillon 100% cristallin  
 $\rho_a$  : masse volumique du même échantillon 100% amorphe

1. Calculer le taux de cristallinité en masse  $X_c$  pour le PA 6-6 étudié.

$$\text{On donne : } \rho_c = 1,24 \text{ g.cm}^{-3} \qquad \rho_a = 1,09 \text{ g.cm}^{-3} \qquad \rho = 1,14 \text{ g.cm}^{-3}$$

2. Le polyamide 6-6 est semi-cristallin, quelle conséquence cela a-t-il sur ses propriétés optiques ?

**Partie C : Détermination de l'indice de polydispersité d'un échantillon de PA 6-6.**

En fractionnant cet échantillon de PA 6-6 de masse  $m$ , on a obtenu la masse molaire moyenne en poids  $\overline{M}_w = 4700 \text{ g.mol}^{-1}$ .

1. Calculer le degré moyen de polymérisation en poids  $\overline{DP}_w$  de cet échantillon.

On donne :  $M_H = 1 \text{ g.mol}^{-1}$      $M_C = 12 \text{ g.mol}^{-1}$      $M_N = 14 \text{ g.mol}^{-1}$      $M_O = 16 \text{ g.mol}^{-1}$

Formule brute du motif de PA 6-6 :  $C_{12}H_{22}O_2N_2$

Afin de déterminer la masse molaire moyenne en nombre, on procède au dosage des groupements terminaux des chaînes de PA 6-6 en solvant alcoolique. On considère que le polymère ne présente qu'un seul groupe fonctionnel dosable par macromolécule.

Pour cela :

- On prélève un échantillon de 5,00 g de PA 6-6, on le dissout dans 100 mL de solvant alcoolique, on obtient la solution  $S_0$ .

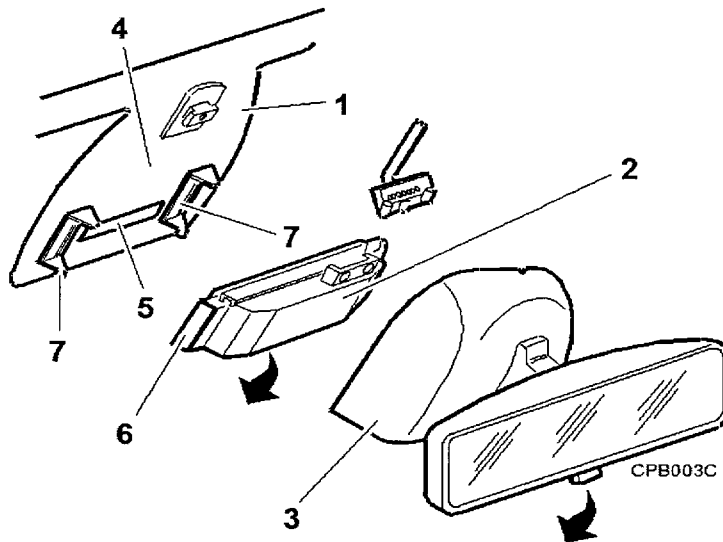
- On prélève 10 mL de solution  $S_0$ , que l'on dose par une solution d'hydroxyde de sodium de concentration  $C = 0,010 \text{ mol.L}^{-1}$  en présence de phénolphaléine. Il y a changement de couleur de l'indicateur coloré pour un volume ajouté  $V = 11,5 \text{ mL}$ .

2. Nommer et représenter le groupe fonctionnel se situant en bout de chaîne du PA 6-6 et pouvant être dosé par une solution basique d'hydroxyde de sodium ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{HO}^-$ ).
3. Écrire l'équation chimique de la réaction correspondante.
4. Calculer la quantité de matière  $n$  de groupe fonctionnel ainsi dosé.
5. Vérifier que la masse molaire moyenne en nombre de ce polyamide est  $\overline{M}_n = 4,3 \cdot 10^3 \text{ g.mol}^{-1}$ .
6. Montrer que l'indice de polydispersité de ce polyamide est proche de 1. Que peut-on en conclure ?

## PARTIE PHYSIQUE (20 points)

### EXERCICE 1 : ÉTUDE D'UN DÉTECTEUR DE PLUIE SUR LES VOITURES. (13 POINTS)

Le détecteur de pluie présent sur de nombreuses voitures neuves permet la mise en marche automatique des essuie-glace en cas de pluie. Ce capteur est placé au niveau du rétroviseur intérieur, à l'intérieur de l'habitacle, sur le pare-brise avant de la voiture, comme le présente la figure suivante.



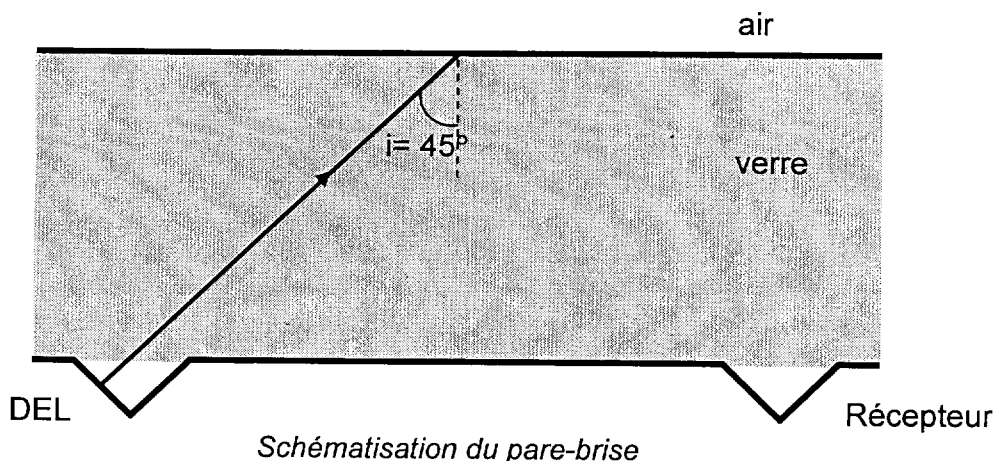
- 1 - Pare-brise
- 2 - Capteur de pluie
- 3 - Rétroviseur intérieur
- 4 - Sérigraphie
- 5 - Zone de captage
- 6 - Etriers
- 7 - Embase

Le principe simplifié du détecteur de pluie repose sur la différence de comportement d'un rayon lumineux arrivant sur un dioptre verre-air, ou sur un dioptre verre-eau lorsque le pare-brise est mouillé.

#### Partie A : Fonctionnement du détecteur quand le pare-brise est sec.

Une diode électroluminescente (DEL) émet une onde lumineuse dans le dioptre verre-air constitué par le pare-brise du véhicule et l'air extérieur. L'angle d'incidence  $i$  vaut  $45^\circ$ .

Le pare-brise sera localement assimilé à une lame de verre à faces parallèles. L'onde lumineuse sera modélisée par un rayon lumineux, comme indiqué sur le schéma suivant.



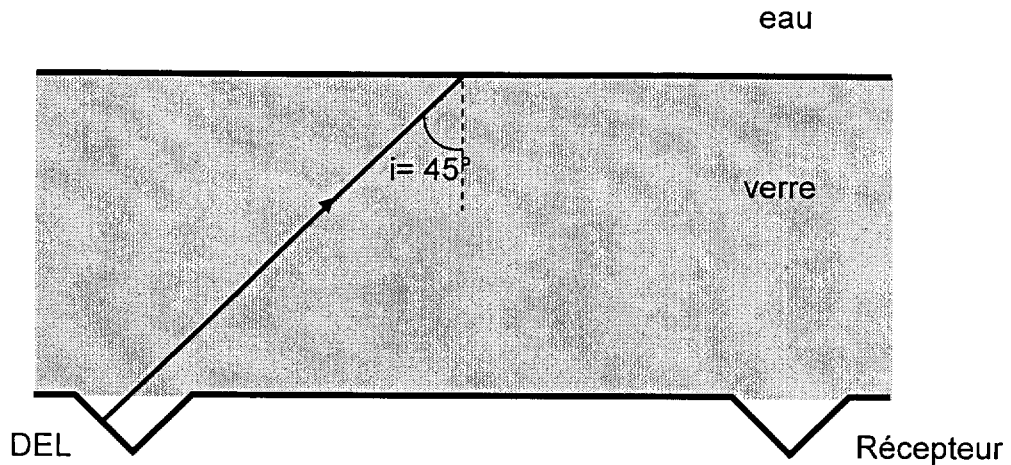
1. Calculer l'angle limite de réfraction  $\alpha_{\text{lim}}$  pour ce dioptre verre-air. L'indice de réfraction du verre est  $n_{\text{verre}} = 1,50$  et celui de l'air  $n_{\text{air}} = 1,00$ .
2. Comparer l'angle limite de réfraction  $\alpha_{\text{lim}}$  et l'angle d'incidence  $i$ . En déduire si le rayon lumineux est réfracté ou réfléchi totalement.



3. En traçant le trajet du rayon lumineux émis sur la figure 1 du document réponse page 8 à rendre avec la copie, montrer que le récepteur de lumière détectera un signal lumineux.

**Partie B : Fonctionnement du détecteur en cas de pluie.**

Par temps de pluie, une fine pellicule d'eau s'installe sur le pare-brise. Le rayon incident issu de la DEL arrive alors sur un dioptre verre-eau. L'angle incident est toujours  $i = 45^\circ$ .



1. Calculer l'angle limite de réfraction  $\alpha'_{lim}$  pour ce dioptre verre-eau. L'indice de réfraction du verre est  $n_{verre} = 1,50$  et celui de l'eau  $n_{eau} = 1,30$ .
2. En comparant l'angle limite de réfraction  $\alpha'_{lim}$  et l'angle d'incidence  $i$ , montrer que le rayon lumineux est réfracté.
3. Calculer l'angle réfracté  $r$ .
4. Compléter la figure 2 du document réponse page 8, en y plaçant le rayon réfracté.
5. Que détecte alors le récepteur ?
6. En déduire le principe de fonctionnement de ce détecteur.

**Partie C : Étude de la lumière émise par la diode électroluminescente.**

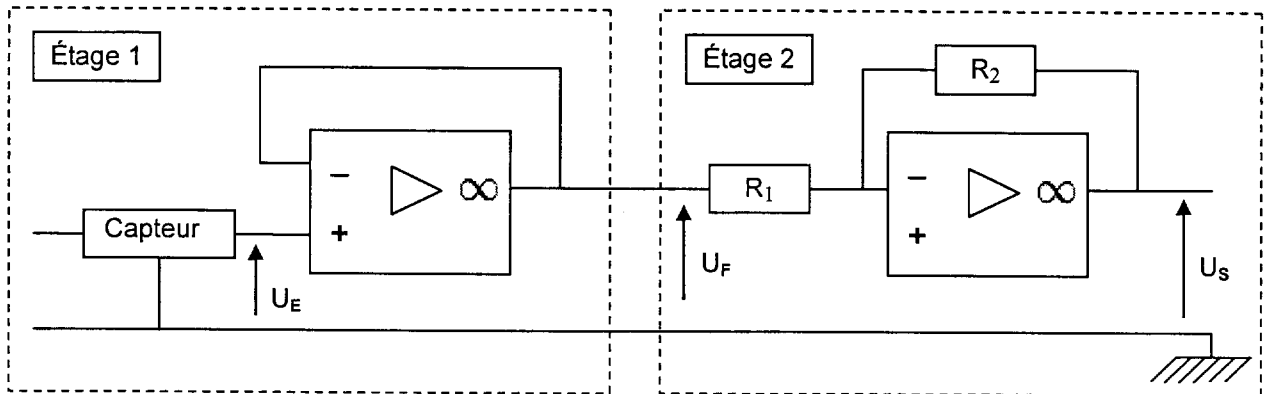
La diode électroluminescente émet une onde électromagnétique monochromatique de longueur d'onde  $\lambda = 700 \text{ nm}$  dans l'air, d'indice  $n_{air} = 1,00$ .

1. Préciser, en le justifiant, dans quel domaine de longueur d'onde (Ultra-Violet, visible ou Infra-Rouge) se situe l'onde émise.
2. Déterminer la vitesse de l'onde électromagnétique dans le verre, d'indice  $n_{verre} = 1,50$ . On donne  $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$



**EXERCICE 2 : ÉTUDE D'UNE CHAÎNE DE MESURES DE TEMPÉRATURES. (7 POINTS)**

Les voitures récentes disposent souvent d'un thermomètre affichant la température extérieure. Le dispositif est constitué d'un capteur de température fournissant une tension  $U_E$ , transformée en une tension  $U_F$  dans l'étage 1. L'étage 2 modifie la tension  $U_F$  en une tension de sortie  $U_S$ . Le schéma du dispositif électronique est le suivant :



**Partie A : Étude du premier étage.**

On souhaite mesurer la tension  $U_F$  en sortie du premier étage de ce dispositif électronique.

1. Quel appareil de mesure doit-on utiliser ? Placer l'appareil sur la figure 3 du document réponse page 8, en précisant le branchement de la borne COM de l'appareil utilisé.

On mesure successivement  $U_F$  pour cinq températures différentes. On obtient le tableau suivant :

|               |    |    |     |     |     |
|---------------|----|----|-----|-----|-----|
| $\theta$ (°C) | 5  | 10 | 21  | 28  | 37  |
| $U_F$ (mV)    | 48 | 92 | 189 | 248 | 326 |

2. Tracer la tension  $U_F$  en fonction de la température  $\theta$ .

3. En exploitant le graphique précédent, calculer la sensibilité de ce capteur (on rappelle que la sensibilité correspond au coefficient directeur du graphe précédent).

**Partie B : Étude du deuxième étage.**

Pour améliorer la sensibilité de ce dispositif, on ajoute l'étage 2. On a alors :

$$U_s = -\frac{R_2}{R_1} \times U_F \quad \text{avec } R_1 = 1,00 \text{ k}\Omega \text{ et } R_2 = 10,0 \text{ k}\Omega$$

1. Reproduire sur la copie et compléter le tableau suivant :

|             |            |
|-------------|------------|
| $U_F$ en mV | $U_S$ en V |
| 48          |            |
| 326         |            |

2. Donner la fonction (suiveur, amplificateur inverseur ou amplificateur non inverseur) de l'amplificateur opérationnel utilisé dans l'étage 2.

3. Quelle est la nouvelle sensibilité ?

DOCUMENT RÉPONSE À RENDRE AVEC LA COPIE

Figure 1

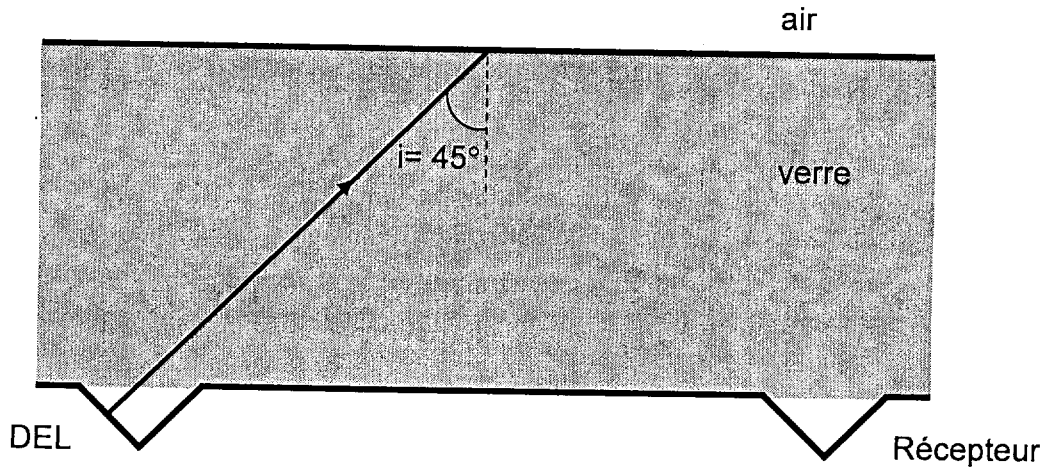


Figure 2

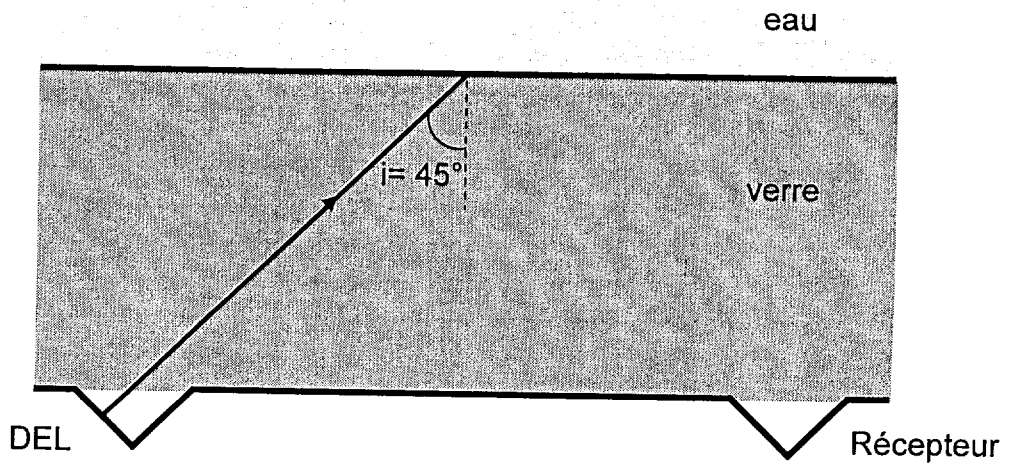


Figure 3

