

BTS CHIMISTE PHYSIQUE

Durée : 2 h

Coefficient : 3

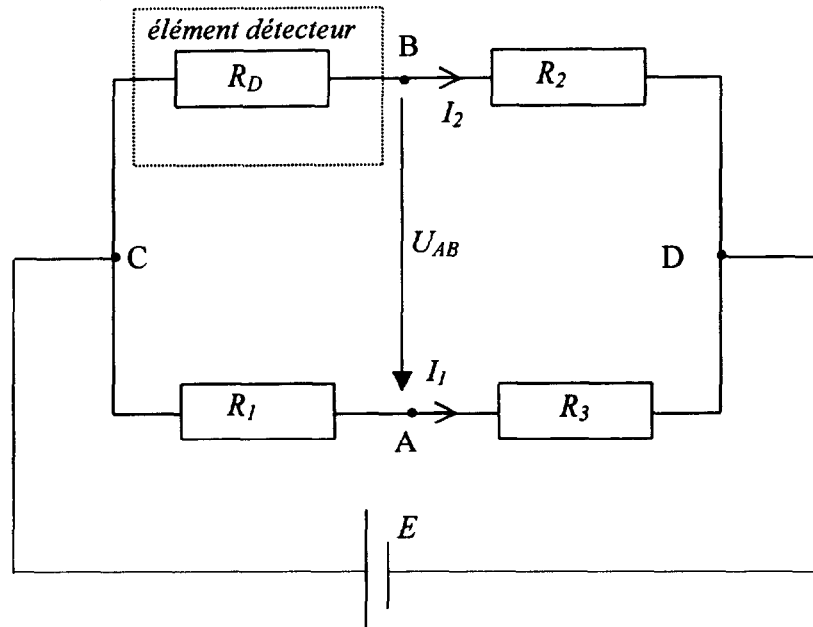
Les deux exercices sont indépendants

Calculatrice autorisée

PREMIER EXERCICE : PRINCIPE D'UN EXPLOSIMÈTRE

Un explosimètre a pour but d'estimer le danger d'explosivité d'une atmosphère polluée en gaz inflammable.

On provoque dans une enceinte calorifugée contenant un volume donné d'un échantillon de l'atmosphère à analyser l'oxydation catalytique du gaz. L'élévation de température $\Delta\theta$ qui en résulte est mesurée à partir de la variation de résistance électrique de l'élément détecteur R_D placé dans un pont de Wheatstone (circuit CADB) selon la **figure 1** ci-dessous :



1. On procède à l'équilibrage du pont en présence d'air pur à 20,0 °C. Établir la relation liant alors R_1 , R_2 , R_3 et R_D quand le pont est équilibré (c'est à dire lorsque $U_{AB} = 0$). Que devient cette relation si $R_2 = R_3 = R$? (on gardera cette égalité dans le reste du problème)
2. En présence d'atmosphère polluée, la température de l'élément détecteur varie, sa résistance devient $R_D + \Delta R$. Montrer que la tension de déséquilibre U_{AB} du pont peut alors se mettre sous la forme :

$$U_{AB} = E \frac{R \Delta R}{(R + R_1)(R + R_D + \Delta R)}$$

3. Montrer que si ΔR est négligeable devant R , U_{AB} est proportionnelle à ΔR .

4. L'élément détecteur est un filament métallique dont la résistance est une fonction affine de la température θ exprimée en $^{\circ}\text{C}$: $R_D = R_0(1 + a\theta)$
 Montrer que U_{AB} est proportionnelle à la variation de température $\Delta\theta$.

5. Application numérique :

$$R = 100 \Omega$$

$$\Delta\theta = 20,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$a = 1,05 \times 10^{-3} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$$

$$R_0 = 13,4 \Omega$$

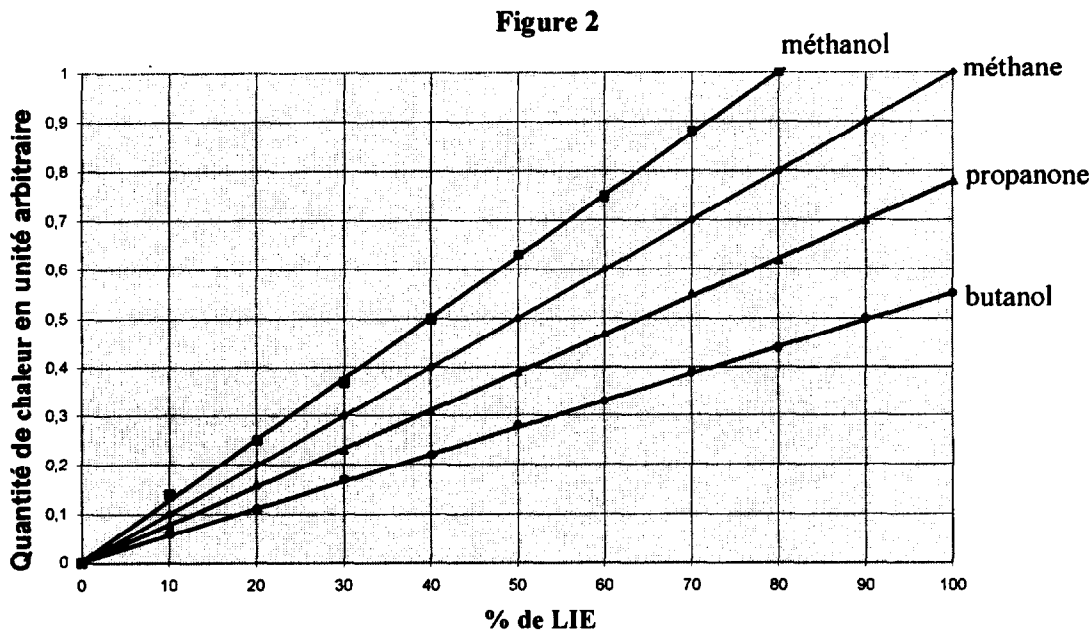
$$E = 15,0 \text{ V}$$

Calculer ΔR et vérifier que ΔR est bien négligeable devant R .

En déduire la valeur de U_{AB} .

6. L'explosimètre doit fonctionner pour des atmosphères susceptibles de contenir les combustibles les plus courants. Il est cependant étalonné de telle façon que la tension U_{AB} de 100 mV soit obtenue lorsqu'on atteint la limite inférieure d'explosivité (LIE) du méthane.

La figure 2 donne les quantités de chaleur dégagée par l'oxydation d'un même volume d'atmosphère polluée en fonction du % de LIE (rapport du pourcentage volumique de combustible dans l'air sur la LIE) pour plusieurs combustibles susceptibles de constituer l'atmosphère (il y a risque d'explosion quand on a 100 % de LIE de l'un des gaz).



- 6.1. L'oxydation catalytique des combustibles présents dans l'atmosphère étudiée produit une quantité de chaleur Q . Exprimer la quantité de chaleur Q dégagée par l'oxydation catalytique en fonction de $\Delta\theta$ et de la capacité thermique C de l'enceinte calorifugée de détection et de ses accessoires. En déduire qu'elle est proportionnelle à U_{AB} .

- 6.2. À partir de quelle valeur de U_{AB} l'explosimètre doit-il signaler un danger potentiel s'il est utilisé avec la propanone ?

DEUXIÈME EXERCICE : FIBRES OPTIQUES

1. Un prisme a une section principale en forme de triangle isocèle, d'angle $\hat{A} = 90^\circ$. Il est en verre d'indice de réfraction $n = 1,52$ et il est situé dans le milieu ambiant d'indice de réfraction n_a (figure 1).

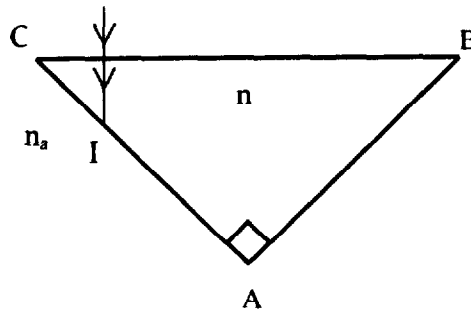


fig. 1

Un rayon lumineux pénètre dans ce prisme, perpendiculairement à sa base BC, et atteint la face AC au point I.

Indiquer sur un schéma (dans chaque cas) le trajet du rayon lumineux après le point I :

- 1.1. si le milieu ambiant est l'air : $n_a = 1,00$
- 1.2. si le milieu ambiant est l'eau : $n_a = 1,33$

2. Une fibre optique à saut d'indice (figure 2) est constituée :

- d'un **cœur**, de rayon a et d'indice de réfraction n_c ;
- d'une **gaine**, de rayon b et d'indice de réfraction n_g .

La fibre est placée dans l'air ($n_a = 1,00$).

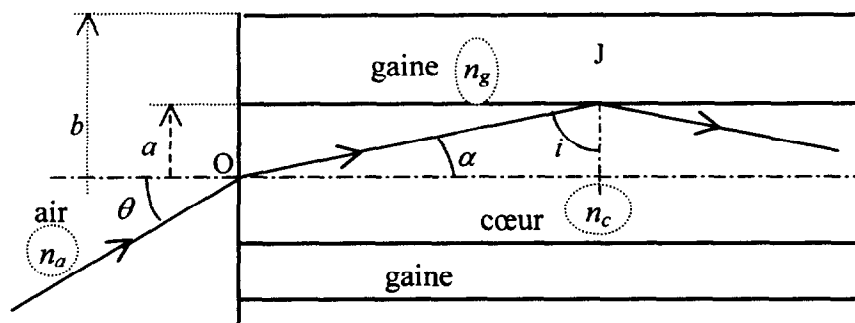


fig. 2

Un rayon lumineux arrive au centre O du cœur avec un angle d'incidence θ . Il pénètre dans la fibre et rencontre la gaine, pour la première fois, au point J, sous l'incidence i .

2.1. Indiquer la condition à laquelle doit satisfaire l'angle i pour que le rayon soit totalement réfléchi au point J.

2.2. En déduire que l'angle θ doit rester inférieur à une valeur limite θ_1 . Montrer que la relation suivante est alors vérifiée : $\sin \theta_1 = \sqrt{n_c^2 - n_g^2}$.

2.3. Calculer numériquement θ_1 sachant que $n_c = 1,50$ et $n_g = 0,99 n_c$.

3. Deux fibres optiques, semblables à celle de la question 2, sont aboutées à la base BC du prisme de la question 1 :

- la fibre n° 1 conduit la lumière d'une source lumineuse jusqu'au prisme ;
- la fibre n° 2 conduit la lumière qui ressort du prisme jusqu'à un détecteur.

La distance entre les axes des deux fibres est $e = 10 \text{ mm}$.

On suppose qu'un pinceau de lumière parallèle se propage le long de la fibre n° 1 en suivant pratiquement son axe. Il arrive sur la face BC du prisme, au point D tel que $CD = BC/4$. Le dispositif est progressivement enfoncé dans un liquide d'indice $n_a = 1,33$ situé dans une cuve (figure 3).

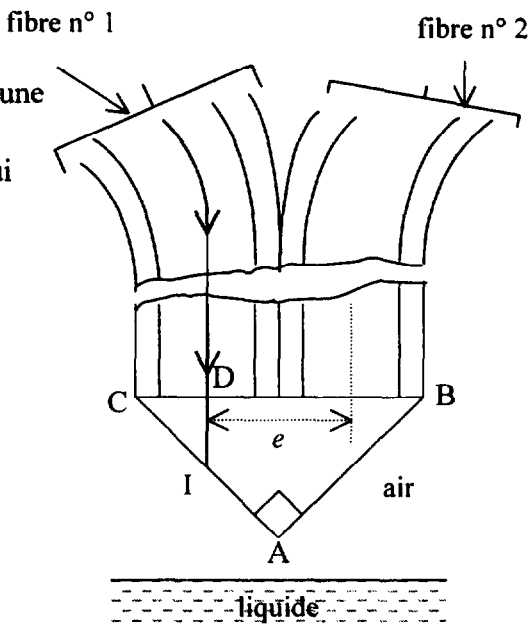


fig. 3

- 3.1. Préciser sur un schéma le trajet du rayon lumineux après le point I, tant que le niveau du liquide n'atteint pas le point I.
- 3.2. Expliquer ce qui se passe lorsque le niveau du liquide atteint le point I.
- 3.3. Calculer la profondeur à laquelle est enfoncé le prisme dans le liquide lorsque le niveau du liquide atteint le point I.
- 3.4. Indiquer une utilisation possible d'un tel dispositif.