Session 2003

BTS CHIMISTE

PHYSIQUE

Durée : 2 h *Coefficient : 3*

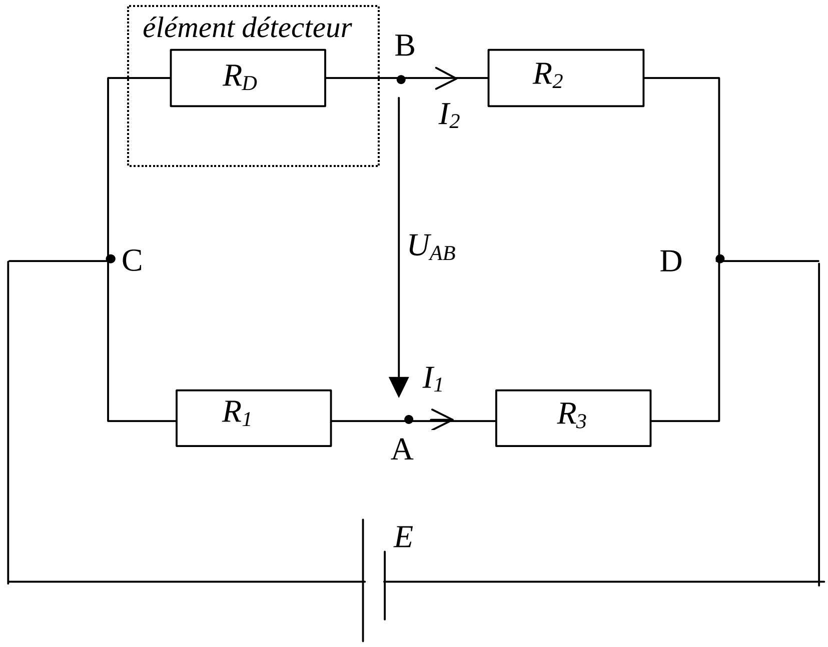
Les deux exercices sont indépendants

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 q exprimée en °C : $R_D = R_o(1 + a\theta\ )$

Montrer que U_{AB} est proportionnelle à la variation de température $\Delta\theta$.

5. Application numérique :
$R = 100\ \Omega$
$\Delta\theta = 20{,}0\ °C$
$a = 1{,}05\times10^{-3}\ °C^{-1}$
$R_o = 13{,}4\ \Omega$
$E = 15{,}0\ V$

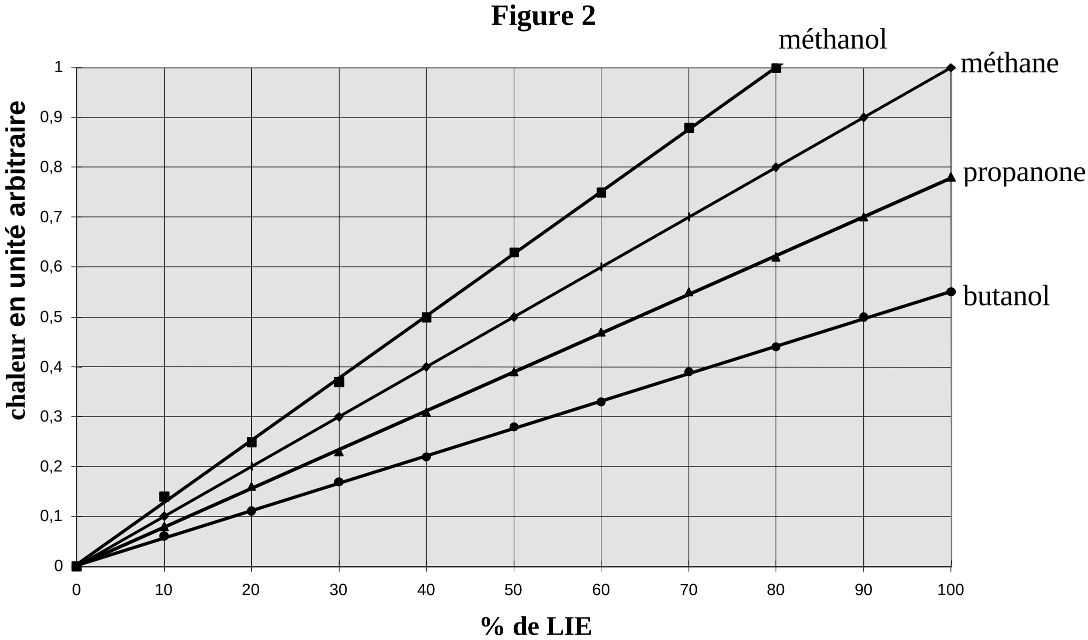
Calculer ΔR et vérifier que DR est bien négligeable devant R.

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).

Figure 2



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 $\hat{A} = 90°$. 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).

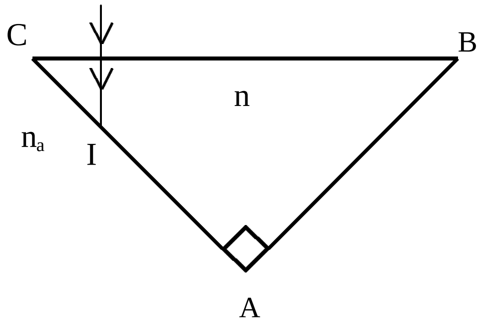


fig. 1

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 ($n_a = 1{,}00$).

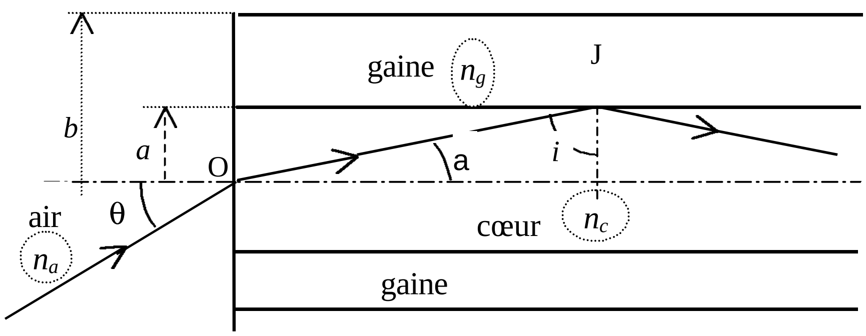


fig. 2

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_l. Montrer que la relation suivante est alors vérifiée : $\sin \theta_l = \sqrt{n_c^2 - n_g^2}$.

2.3. Calculer numériquement θ_l 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 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).

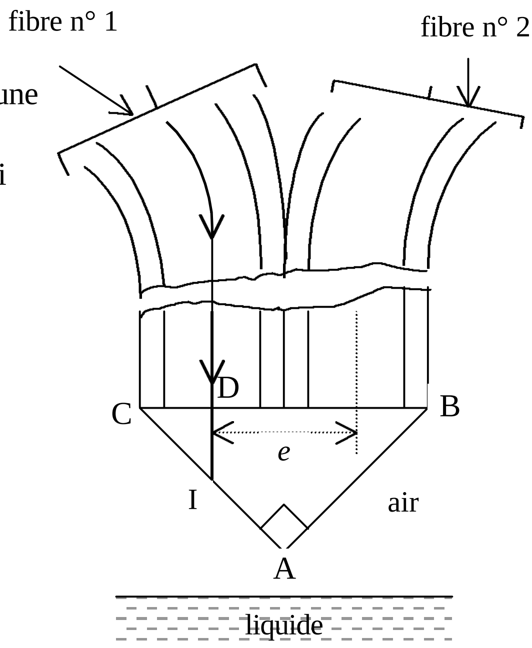


fig. 3

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.