

Quantique, chimie, électrocinétique

Extrait de l'entête des sujets de la banque PT :

« La **présentation**, la lisibilité, l'orthographe, la qualité de la rédaction, la **clarté et la précision** des raisonnements entreront pour une **part importante** dans l'**appréciation des copies**. En particulier, les résultats non justifiés ne seront pas pris en compte. Les candidats sont invités à encadrer les résultats de leurs calculs. »

Problème 1: CYANINES (D'après J.M. Courty et E. Kierlik, Pour la science 403, 96-97, 2011)

Les cyanines sont des colorants organiques. Le but de cet exercice est de montrer que leur couleur est simplement liée à leur longueur. En général, établir le lien entre la structure d'une molécule et les longueurs d'onde qu'elle absorbe est complexe. La particularité de la structure des cyanines en permet une estimation simple.

Les cyanines sont des molécules formées d'une chaîne carbonée (Fig. 24 où est aussi indiquée la longueur d'onde d'absorption de la molécule). Les électrons participant aux liaisons π (c'est-à-dire, grossièrement, participant à la seconde liaison de la liaison double) ne sont pas localisés entre deux atomes, mais répartis tout au long de la chaîne. La molécule peut alors être modélisée pour ces électrons par un fil conducteur de longueur L .

La distance entre deux atomes de carbone ou entre un atome de carbone et un atome d'azote est $d \simeq 0,14$ nm.

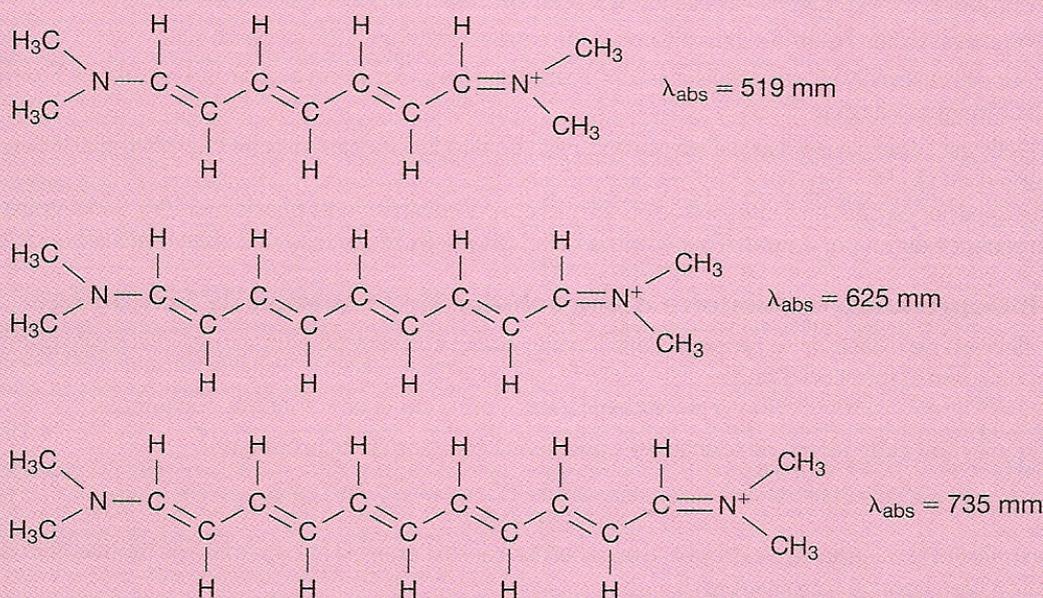


Figure 24

a) Rappeler rapidement les longueurs d'onde possibles pour la fonction d'onde associée à un électron dans une boîte de longueur L . Dédire la quantité de mouvement d'un tel électron en utilisant la relation de de Broglie. Obtenir alors les valeurs associées E_n de l'énergie de l'électron. On exprimera E_n en fonction de n , la constante de Planck $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ J.s, la masse de l'électron $m = 9,1 \cdot 10^{-31}$ kg et L .

On s'intéresse à la molécule de cyanine possédant 9 atomes de carbone.

b) Quelle est la longueur L du fil associé ? On supposera qu'il faut considérer tous les atomes possédant une double liaison, ainsi que le second atome d'azote, et que le fil associé dépasse les atomes extrémaux d'une demi-liaison. On considérera enfin que les atomes sont en ligne droite.

c) Calculer les niveaux d'énergie en eV jusqu'à $n = 7$. Les représenter graphiquement ($1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19}$ J).

d) Il s'agit alors de remplir les niveaux. Combien d'électrons sont-ils concernés (il s'agit des électrons π des doubles liaisons, ainsi que 2 électrons pour l'atome d'azote non engagé dans une double liaison) ? Le principe d'exclusion de Pauli indique que l'on peut placer deux électrons (de spins opposés) par niveau. Tracer alors le diagramme d'occupation dans l'état d'énergie le plus bas.

e) Quelle est la transition pour l'excitation de plus basse énergie ? Calculer la longueur d'onde associée en supposant que la transition est induite par l'absorption d'un photon. De quelle couleur apparaît cette molécule ? Comparer avec les données expérimentales. On donne $c = 3,0 \cdot 10^8$ m.s $^{-1}$.

f) Reprendre le raisonnement pour la molécule à 11 atomes de carbone.

g) Et pour celle à 7 atomes de carbone ?

h) Commenter.

Problème 2: Généralités sur la molécule de monoxyde de carbone

(Extrait Banque PT, 2013)

Ce sujet a pour but d'étudier quelques généralités sur la molécule de monoxyde de carbone (partie 1), l'utilité qu'elle présente pour des applications industrielles, plus particulièrement la pyroméallurgie du zinc (partie 2), tout en réfléchissant à la nocivité qu'elle peut représenter pour l'organisme humain (partie 3).

La molécule de monoxyde de carbone est constituée d'un atome d'oxygène ($Z = 8$) et d'un atome de carbone ($Z = 6$).

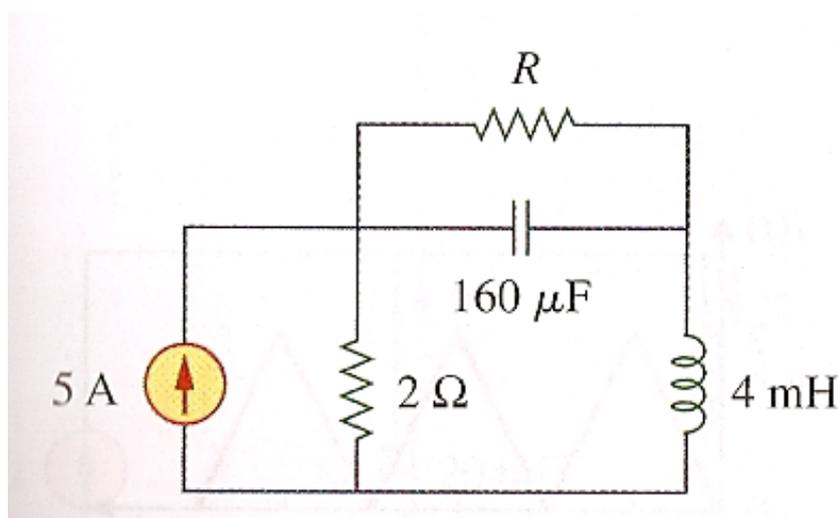
1. Donner la configuration électronique de l'atome d'oxygène puis de l'atome de carbone dans leur état fondamental.
2. Indiquer le nom des règles utiles à l'établissement de ces configurations électroniques.
3. Expliquer pourquoi le carbone est tétravalent.
4. Quels sont les deux isotopes du carbone les plus répandus sur Terre ? Ecrire leur représentation symbolique.
5. Où se situe l'oxygène dans la classification périodique (ligne, colonne) ?
6. Citer un élément situé dans la même colonne que l'oxygène.
7. Proposer une représentation possible de Lewis pour la molécule de monoxyde de carbone.
8. Comment évolue l'électronégativité d'un élément au sein d'une ligne du tableau périodique ?
9. La formule de Lewis proposée par vos soins est-elle alors en accord avec les électronégativités du carbone et de l'oxygène ?

Problème 3: Circuits en régime continu (DC)

3.1) Energie dans un condensateur et dans une bobine

On considère le circuit ci-dessous en régime continu (DC).

Déterminer la valeur de la résistance R qui rend l'énergie stockée dans le condensateur identique à celle stockée dans la bobine.



3.2) Pont de Wheastone

Développé initialement par Samuel Christie (1784–1865) in 1833 comme un ohmmètre de précision pour la mesure de résistance, le pont de Wheastone a été amélioré et popularisé par Sir Charles Wheastone (1802–1875) qui l'utilisa dans de nombreuses applications. Le pont de Wheastone est utilisé en particulier lors de la mise en œuvre de jauges de déformation (voir cours de SI).

Le pont de Wheastone (figure ci-dessous) est constitué de quatre résistances. Deux sont fixes et connues R_1 et R_2 . R_3 est une résistance variable connue et R_x est la résistance inconnue dont on souhaite déterminer la valeur. La procédure standard pour mesurer R_x est de rendre le courant I_a nul, c'est la **condition d'équilibre du pont**.

a) Déterminer le potentiel V_1 en fonction de R_1 , R_2 , R_3 et V_0 puis le potentiel V_2 en fonction de R_2 , R_x et V_0 pour que le pont soit équilibré ($I_a = 0$).

b) En déduire, pour la condition d'équilibre, R_x en fonction de R_1 , R_2 et R_3 .

