

**SESSION 2006****CLASSES TERMINALES****SCIENCES PHYSIQUES****THEME : LE CARBONE.**

L'épreuve comporte quatre parties précédées d'un texte introductif qui souligne l'importance de la chimie du carbone sous ses divers aspects en faisant ressortir le lien avec l'environnement, le laboratoire et l'industrie. Toutefois, aucune question dont la réponse doit résulter de l'analyse de ce texte n'est posée dans la suite.

Le candidat répondra plutôt aux questions posées dans les quatre parties qui suivent le texte introductif. Ces parties sont indépendantes, du moins en ce qui concerne la résolution des questions posées.

**TEXTE INTRODUCTIF.**

*A la fin du dix-septième siècle, Lémery distingua le premier la chimie minérale (ou de la matière inerte) de la chimie organique : chimie de la matière vivante du monde animal ou végétal. Au dix-neuvième siècle, Wohler réussit la première synthèse totale organique (synthèse de l'urée à partir d'un sel minéral) et Berthelot, à la suite de nombreuses synthèses, abolit la séparation entre les deux chimies descriptives en postulant qu'une espèce organique pouvait être préparée à partir des seuls éléments minéraux. Depuis, de nombreux composés formés « in vivo » par les êtres vivants, ont été obtenus « in vitro » à partir de sources minérales.*

*C'est dans les organismes végétaux et animaux que les « composés organiques » ont été isolés pour la première fois. Ces organismes renferment tous l'élément carbone provenant du dioxyde de carbone de l'atmosphère. Il en est de même des matières inertes d'origine biologique (pétroles, gaz naturels..) provenant de la décomposition à l'abri de l'air, des matières organiques accumulées au fond des mers anciennes et enfouies sous des sédiments. On synthétise de nos jours de nouveaux composés qui contiennent l'élément carbone.*

*La chimie organique « est devenue » la chimie qui étudie les composés du carbone. Et la chimie inorganique (ou minérale) est la chimie qui étudie des composés ne renfermant pas l'élément carbone ; il s'y rattache cependant l'étude du carbone (diamant et graphite), des oxydes de carbone, des carbonates, des cyanures dont on connaît le caractère minéral. A ce niveau la limite entre les deux domaines n'est pas très nette. Le monoxyde de carbone lui-même est utilisé en grandes quantités afin de produire différents intermédiaires organiques, comme les acides carboxyliques, les isocyanates, et aussi certains polymères tels que les polycarbonates et les polycétones.*

*La chimie organique connaît un essor considérable et tient une place de choix dans notre vie quotidienne. Les produits organiques sont devenus partie intégrante de notre environnement. C'est le cas des médicaments comme l'aspirine, le paracétamol et autres produits pharmaceutiques, des colorants, des matières plastiques et des caoutchoucs synthétiques avec lesquels divers objets (sachets, règles, cartables, tuyaux...) sont fabriqués dans l'industrie.*

**PREMIERE PARTIE : L'ÉLÉMENT CARBONE (40 points)****A : L'atome et les nucléides de carbone.**

A l'état naturel, le carbone est un mélange de carbone 12, de carbone 13 et de carbone 14.

Le numéro atomique de l'atome de carbone est  $Z = 6$ .

**A.1** Etablir la formule électronique de l'atome de carbone. Quelle est la place de l'élément carbone dans la classification périodique des éléments ? Justifier la nature moléculaire des composés organiques.

**A.2** Donner les symboles des noyaux de carbone 12, carbone 13 et carbone 14 en faisant apparaître le numéro atomique et le nombre de masse. Préciser la composition de chacun de ces noyaux.

Comment appelle-t-on de tels noyaux ?

**A.3** Les masses des noyaux d'un atome de carbone 12 et de carbone 14 sont respectivement 12,00000 u et 14,00324 u.

Calculer l'énergie de liaison par nucléon des noyaux de carbone 12 et de carbone 14. Commenter le résultat obtenu.

**A.4** Peut – on séparer des isotopes par voie chimique ? Justifier. Rappeler, exemples à l'appui, quelques procédés de séparation d'isotopes.

**Données**

Unité de masse atomique  $1\text{ u} = 1,66055 \cdot 10^{-27}\text{ kg} = 931,5\text{ MeV}/c^2$  Électron-volt  $1\text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19}\text{ J}$

Vitesse de la lumière dans le vide :  $c = 2,9979 \cdot 10^8\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

Masse de l'électron  $m_e = 0,00055\text{ u}$ .

Masse du neutron  $m_n = 1,00866\text{ u}$

Masse du proton  $m_p = 1,00728\text{ u}$

**B : Abondances relatives du carbone 12 et du carbone 13.**

La teneur en carbone 14 étant très faible dans le carbone naturel, on se propose de déterminer l'abondance isotopique en carbone 12 et en carbone 13 du dioxyde de carbone provenant de la combustion complète d'un échantillon organique par la méthode de la spectrométrie de masse.

Dans le spectromètre de masse schématisé ci-dessous, le dioxyde de carbone est introduit dans la chambre d'ionisation (I) qui produit des ions  $^{12}\text{CO}_2^+$  de masse  $m_1$  et des ions  $^{13}\text{CO}_2^+$  de masse  $m_2$ .

**B.1 Accélération des ions**

Les ions  $^{12}\text{CO}_2^+$  et  $^{13}\text{CO}_2^+$  produits par la chambre d'ionisation pénètrent en O dans la chambre d'accélération (II) où ils sont accélérés par une tension  $U = V_p - V_{p'}$  établie entre deux plaques P et P'. On se placera dans le référentiel terrestre supposé galiléen et on négligera dans toute la suite l'action de la pesanteur.

**B.1.1** La vitesse des ions en O est supposée négligeable, exprimer la vitesse  $V_0$  d'un ion de masse  $m$  et de charge  $q$  à la sortie O' de la chambre d'accélération en fonction de  $U$ ,  $m$  et  $q$ .

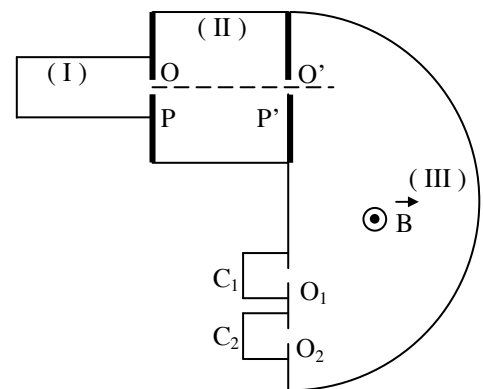
**B.1.2** Montrer qu'en O' les vitesses respectives  $V_{01}$  et  $V_{02}$  des ions  $^{12}\text{CO}_2^+$  et  $^{13}\text{CO}_2^+$  vérifient la relation  $m_1 V_{01}^2 = m_2 V_{02}^2$

**B.1.3** Calculer ces vitesses.

Données :  $m_1 = 7,31 \cdot 10^{-26}\text{ kg}$  ;  $m_2 = 7,47 \cdot 10^{-26}\text{ kg}$  ;  $U = 4 \cdot 10^3\text{ V}$  ;  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{ C}$ .

**B.2 : Déviation des ions**

Les ions  $^{12}\text{CO}_2^+$  et  $^{13}\text{CO}_2^+$  pénètrent en O' dans la chambre de déviation (III) où règne un champ magnétique  $\vec{B}$  orthogonal au plan de la figure.



- I – Chambre d'ionisation
- II – chambre d'accélération
- III – chambre de déviation
- $C_1$  et  $C_2$  sont des collecteurs

**B.2.1** Montrer qu'ils sont animés d'un mouvement circulaire uniforme. Exprimer la distance  $D_i$  entre  $O'$  et l'entrée  $O_i$  du collecteur  $C_i$  recevant l'ion en fonction de  $e$ ,  $U$ ,  $B$  et  $m$ .

Calculer  $D_i$  pour chaque ion. On donne :  $B = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ T}$ .

**B.2.2** La vitesse de l'ion à la sortie  $O$  de la chambre d'ionisation (I) peut être faible et non nulle.

A l'entrée  $O'$  de la chambre de déviation (III), la vitesse de l'ion varie entre  $v_0$  et  $v = v_0(1+\varepsilon)$  avec  $\varepsilon$  très faible devant l'unité.

**B.2.2.1** Exprimer en fonction de  $D_i$  et  $\varepsilon$  la largeur minimale  $\ell_i$  de la fente du collecteur recevant l'ion.

**B.2.2.2** Pour  $\varepsilon = 5 \cdot 10^{-3}$  calculer la largeur minimale de la fente de chaque collecteur.

**B.2.2.3** En déduire les distances minimale et maximale entre les points d'entrée dans les collecteurs

des ions  $^{12}\text{CO}_2^+$  et  $^{13}\text{CO}_2^+$ .

**B.3 : Composition isotopique du carbone**

Les collecteurs  $C_1$  et  $C_2$  sont munis de détecteurs de charge.

Pendant une durée donnée, les quantités d'électricité reçues par les collecteurs  $C_1$  et  $C_2$  sont respectivement  $1,08 \mu\text{C}$  et  $96,21 \mu\text{C}$ . Déterminer la composition isotopique de l'échantillon analysé.

**C : Le carbone 14 – utilisation pour la datation.**

Les éléments radioactifs comme le carbone 14 peuvent être utilisés comme des horloges géologiques. Dans ce qui suit sera étudié le principe de ces horloges géologiques.

**C.1 Recherche d'un modèle traduisant la décroissance d'un radioélément.**

On lance 216 dés et on retire tous les dés qui montrent la face six. Les dés restant sont lancés à nouveau et on retire encore tous ceux qui montrent la face six. En répétant ce procédé plusieurs fois de suite, le nombre de dés lancés à chaque fois diminue. Le tableau suivant montre le numéro du lancer ainsi que le nombre de dés à lancer.

Lancer (n)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nombre de dés (N)	216	180	150	125	104	87	73	61	51	43	36
Lancer (n)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Nombre de dés (N)	25	21	18	15	13	11	9	7	7	6	6
Lancer (n)	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
Nombre de dés (N)	5	5	4	4	4	3	3	3	3	3	2
Lancer (n)	33	34	35	36	37	38	39	40			
Nombre de dés (N)	2	2	2	2	2	1	1	0			

C.1.1 Est-ce que le hasard régit la sortie des 6 ?

C.1.2 La sortie d'un 6 affecte – t – elle le résultat du dé voisin ?

C.1.3 Les dés ont – ils la même probabilité de donner un 6 ?

C.1.4 L'équation de la courbe donnée en annexe est  $N = 216 \exp(-\frac{\ln 2}{5} n)$ , relation où  $\ln$  est la fonction logarithme népérien.

Placez sur le même graphique les points correspondant aux données du tableau et tracez la courbe représentative (à rendre avec la copie).

C.1.5 Quelle est la plus grande erreur relative commise si on utilise l'équation pour étudier le lancer des dés ?

C.1.6 Cette équation peut – elle modéliser le lancer des dés ? Justifier votre réponse.

C.1.7 Déterminer le nombre de lancers nécessaire pour passer de 216 dés restant à 108 dés restant, de 100 à 50, de 60 à 30. Que constatez – vous ? Ce nombre est – il caractéristique de l'étude ?

### C.2 Analogie avec les noyaux d'un élément radioactif.

Un noyau d'un élément radioactif se désintègre spontanément pour donner un noyau d'un autre élément radioactif ou un noyau d'un élément stable.

A l'instant initial, on part d'une population  $N_0$  de noyaux d'un élément radioactif qui se désintègrent. Par analogie avec l'expérience précédente, on admet que si un dé donne 6, cela correspond à la désintégration d'un noyau. Il est alors retiré du lot pour le prochain lancer car il ne peut plus donner la même désintégration. Tous les dés restants correspondant aux noyaux non désintégrés notés  $N$  sont lancés ensemble, chaque lancer correspond à une même durée de comptage.

On appelle période ou demi-vie  $T$  la durée pendant laquelle la moitié des noyaux radioactifs s'est désintégrée.

C.2.1 Est-ce que le hasard régit la désintégration d'un noyau ?

C.2.2 La désintégration d'un noyau affecte – t – elle celle d'un noyau voisin ?

C.2.3 Les noyaux ont – ils la même probabilité de se désintégrer ?

C.2.4 Par analogie avec l'étude précédente, proposer une relation entre  $N_0$ ,  $N$ ,  $T$  et le temps  $t$ , régissant la désintégration des noyaux radioactifs.

C.2.5 Pourquoi cette loi est – elle appelée loi statistique ?

C.2.6 Le nombre de désintégrations par seconde d'une substance radioactive, appelée activité, notée  $A$ , est donnée par :  $A(t) = -\frac{dN}{dt}$ .

Montrer que  $A(t)$  s'exprime en fonction de sa valeur initiale  $A_0$  par la relation :  $A(t) = A_0 e^{-\lambda t}$ .

La constante radioactive  $\lambda$  est liée à la demi-vie  $T$  par :  $\lambda = \frac{\ln 2}{T}$

C.3 Datation au carbone 14

L'élément carbone comporte principalement le carbone 12 stable et une très faible proportion de carbone 14, radioactif, de demi-vie ou période T égale à 5570 ans. Les rayons cosmiques provoquent dans la haute atmosphère des réactions nucléaires qui libèrent des neutrons. Chaque neutron, une fois ralenti, est absorbé par un noyau d'azote  ${}^{14}_7\text{N}$ , au cours d'une réaction qui donne naissance à du carbone 14 et à une autre particule. Le carbone 14 ainsi créé est radioactif  $\beta^-$ . Le carbone 14 est alors assimilé comme le carbone 12 non radioactif par les plantes au cours de la synthèse chlorophyllienne. La proportion de carbone 14 reste constante dans les plantes pendant toute leur vie. A leur mort les plantes cessent d'assimiler le dioxyde de carbone, la quantité de carbone 14 décroît par radioactivité. La mesure de la proportion de carbone 14 restant dans l'échantillon de bois ancien étudié permet de dater sa mort. Pour ce faire on compare l'activité A de cet échantillon avec l'activité  $A_0$  d'un échantillon actuel de même masse.

C.3.1 Ecrire l'équation de la réaction nucléaire conduisant à la formation du carbone 14 à partir du noyau d'azote par absorption d'un neutron. Quelle est la particule apparue en plus du carbone 14 ?

C.3.2 Ecrire l'équation correspondant à la désintégration du carbone 14.

C.3.3 Un échantillon de bois provenant d'un sarcophage d'une tombe égyptienne, produit 560 désintégrations par seconde. Un échantillon du même bois fraîchement coupé contenant la même masse de carbone produit 816 désintégrations par seconde. Déterminer la date de fabrication du sarcophage.

**DEUXIEME PARTIE : ETUDE DE SUBSTANCES NATURELLES. (15 points)**

Les substances organiques ont d'abord été extraites des organes végétaux et animaux.

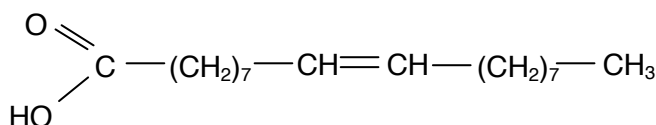
Divers procédés de séparation et de purification sont utilisés par le chimiste pour isoler ces substances. Les corps gras tels que le suif, les huiles d'arachide, de palme, d'olive, de colza ...extraits de plantes sont à la base d'importantes applications comme la fabrication de savons. Aussi de nombreux végétaux contiennent des substances odorantes, volatiles et peu solubles dans l'eau, appelées « huiles essentielles », utilisées, entre autres, pour élaborer des parfums et renforcer le goût des aliments.

**D. Huile d'arachide – fabrication de savons.**

L'huile d'arachide contient 56 % d'acide oléique dont la molécule renferme 18 atomes de carbone.

Les corps gras ou lipides (huiles, graisse, beurre...) sont des triglycérides que l'on peut considérer comme des triesters résultant de l'action d'acide gras avec le glycérol (propane 1,2,3 triol).

D.1. L'acide oléique contenu dans l'huile d'arachide a pour formule semi-développée :



Représenter et nommer les deux stéréo isomères correspondant à cette formule.

D.2 L'oléine est le triglycéride dérivé de l'acide oléique. Ecrire sa formule semi développée.

D.3 Dans le domaine industriel, les corps gras sont utilisés dans la fabrication de savon. Celle-ci consiste à faire réagir à chaud un mélange de corps gras et de bases fortes. Le mélange refroidi est versé dans de l'eau salée (largage) pour séparer le savon formé de la solution alcoolique.

La réaction à chaud de l'oléine avec l'hydroxyde de sodium conduit à la formation d'un savon S et du glycérol. Ecrire l'équation-bilan de la réaction et donner ses caractéristiques.

D.4 Calculer la masse maximale de savon S que l'on peut espérer obtenir en traitant 100 kg d'oléine avec de l'hydroxyde de sodium en excès.

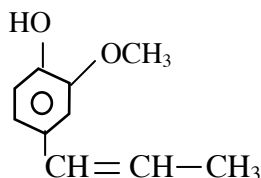
$$M(\text{C}) = 12 \text{ g.mol}^{-1} \quad M(\text{H}) = 1 \text{ g.mol}^{-1} \quad M(\text{O}) = 16 \text{ g.mol}^{-1} \quad M(\text{Na}) = 23 \text{ g.mol}^{-1}.$$

### E Huile essentielle du clou de girofle.

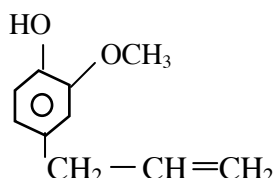
Le clou de girofle est très riche en eugénol, ce qui lui donne son odeur particulière. Son huile essentielle contient également un autre composé volatil : l'iso eugénol qui, lui, a une odeur de noix de muscade.

L'eugénol peut être utilisé pour l'obtention de la vanilline, constituant principal de la vanille naturelle.

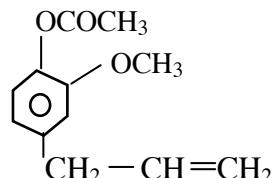
On donne ci-après les formules semi-développées de ces composés.



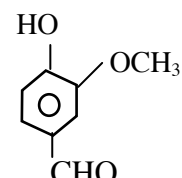
Isoeugénol



Eugénol



Acétyleugénol



Vaniline

E.1 Quel type d'isomérisation existe-t-il entre l'eugénol et l'iso eugénol ?

E.2 L'un de ces composés présente une stéréo-isomérisation. Préciser lequel et expliquer pourquoi.

E.3 L'acétyleugénol possède un groupe ester et peut être obtenu par estérification entre un acide carboxylique et l'eugénol.

Quel est cet acide carboxylique ? Ecrire l'équation de la réaction.

E.4 Préciser le groupe caractéristique, présent dans la vanilline, que l'on ne trouve pas dans l'eugénol.

Quelle(s) propriété(s) caractéristique(s) de ce groupe connaissez-vous ?

**TROISIEME PARTIE : SYNTHESE DE MEDICAMENTS****(20 points)****F. Synthèse de l'aspirine, propriétés.**

Extrait d'un article scientifique :

« Célèbre pour ses propriétés antiseptiques et antalgiques, l'acide salicylique l'était aussi pour les terribles brûlures d'estomac qu'il infligeait. L'aspirine restreignit cette agressivité, mais ne la supprima pas : l'aspirine solide irrite la muqueuse gastrique. C'est d'ailleurs pour éviter tout contact prolongé entre l'acide acétylsalicylique solide et la muqueuse que les laboratoires ont travaillé à diverses formulations de l'aspirine ».

**Données :**

A 25°C,  $pK_A (\text{CO}_{2(\text{aq})}, \text{H}_2\text{O}) / \text{HCO}_3^- = 6,4$  ;  $pK_A (\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4 / \text{C}_9\text{H}_7\text{O}_4^-) = 3,5$ .

$pK_A$  (acide salicylique / ion salicylate) = 3,0.

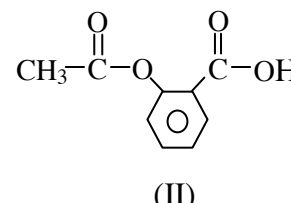
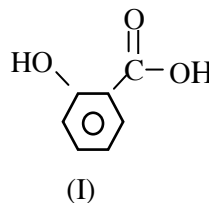
L'acide acétylsalicylique sera noté AH et l'ion acétylsalicylate sera noté A<sup>-</sup>.

La muqueuse de l'estomac (muqueuse gastrique) absorbe la forme liposoluble AH.

Solubilités (dans l'eau) en g.L<sup>-1</sup> : AH : 3,4 ; NaA : soluble ; NaHCO<sub>3</sub> : soluble.

**F.1 l'acide salicylique et l'acide acétylsalicylique**

Les formules de l'acide salicylique (I) et acétylsalicylique (II) sont données ci-contre :



**F.1.1** Comparer les groupes caractéristiques de ces deux acides.

**F.1.2** En solution aqueuse, à concentrations apportées égales, quel est celui qui donne la solution de plus faible pH ?

**F.2 l'acide acétylsalicylique irrite la muqueuse gastrique**

Un comprimé d'aspirine simple contient 320 mg d'acide acétylsalicylique. Il est mis en solution dans un verre d'eau : le volume obtenu est  $V = 50 \text{ mL}$ , le pH est égal à 2,5 et il reste de l'acide acétylsalicylique non dissous en suspension.

**F.2.1** Montrer que dans ces conditions la mise en solution complète de l'acide acétylsalicylique est impossible.

**F.2.2** Justifier, à partir du texte, que cette préparation de l'aspirine pourra irriter la muqueuse gastrique.

**F.3 une autre préparation de l'aspirine**

Un sachet de « Catalgine 0,50 g » contient 0,80 g d'un mélange d'acétylsalicylate de sodium NaA et d'hydrogénocarbonate de sodium NaHCO<sub>3</sub>.

Par dissolution dans un demi-verre d'eau déminéralisée, on obtient une solution S dont le pH est de 8,3.

**F.3.1** Montrer que, dans la solution S, le principe actif AH n'est pas une espèce prédominante.

En déduire la (ou les) espèce(s) prédominante(s).

**F.3.2** Le verre est bu. La solution S se trouve alors dans l'estomac, milieu assimilé à une solution d'acide chlorhydrique (pH voisin de 2). L'estomac contient alors  $V'_S = 100$  mL de solution gastrique.

a) Sur un axe des pKA, porter les couples acide-base des espèces qui interviennent au niveau de l'estomac.

b) Ecrire les équations des réactions envisageables pour lesquelles la constante de réaction est supérieure à 1 000.

c) Indiquer celle qui, à partir de ce médicament, produit le principe actif AH.

d) Un sachet de « Catalgine 0,50 g » produit, par réaction totale, 0,50 d'acide acétylsalicylique.

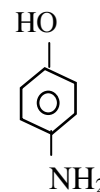
Montrer que, dans l'estomac, l'acide acétylsalicylique précipite. Les particules solides qui apparaissent étant de très petite taille, elles sont rapidement absorbées au niveau de l'estomac ; l'irritation est ainsi limitée.

**F.3.3** A partir des indications portées sur le sachet de Catalgine, calculer les masses d'acétylsalicylate de sodium et d'hydrogénocarbonate de sodium contenues dans un sachet.

### **G Synthèse du paracétamol.**

Le paracétamol est synthétisé à partir de l'anhydride éthanoïque et du paraaminophénol dont la formule est donnée ci-contre.

Au cours d'une synthèse, 10 mL d'anhydride et 8 g de paraaminophénol ont été utilisés. Une masse de 7,2 de paracétamol pur et sec a été recueillie après séparation, purification et séchage.



Paraaminophénol

**G.1** Ecrire l'équation-bilan de la réaction de synthèse sachant que l'acide formé en même temps que le paracétamol ne réagit pas avec l'amine de départ.

**G.2** Préciser le réactif limitant au cours de cette expérience.

**G.3** Evaluer le rendement de la synthèse.

Densité de l'anhydride éthanoïque :  $d = 1,08$ .

$$M(C) = 12 \text{ g.mol}^{-1} \quad M(H) = 1 \text{ g.mol}^{-1} \quad M(O) = 16 \text{ g.mol}^{-1} \quad M(N) = 14 \text{ g.mol}^{-1}.$$

## **QUATRIEME PARTIE : LES OXYDES DE CARBONE**

(25 points)

### **H Propriétés caractéristiques**

Le dioxyde de carbone est un gaz incolore de formule brute  $\text{CO}_2$ . Il est produit notamment lors de la fermentation aérobie ou de la combustion de composés organiques et lors de la respiration des êtres vivants et des végétaux.

Quant au monoxyde de carbone (CO), c'est un gaz incolore et inodore dont la présence résulte d'une combustion incomplète, et ce, quel que soit le combustible utilisé : bois, butane, charbon, essence, fuel, gaz naturel, pétrole, propane. Le monoxyde de carbone est inhalé dans l'air et absorbé par les poumons lors de la respiration. Ses propriétés toxiques sont le résultat de sa combinaison avec l'hémoglobine,

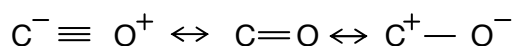


protéine qui transporte habituellement l’oxygène dans le sang. Cette liaison aboutit à la formation d’un composé relativement stable, la carboxyhémoglobine (HbCO), qui empêche l’hémoglobine de jouer son rôle de transporteur de l’oxygène vers les tissus.

H.1 Ecrire le schéma de Lewis de la molécule de dioxyde de carbone. Cette molécule est linéaire. Est elle polaire ? Justifier la réponse.

Rappel : les numéros atomiques du carbone et de l’oxygène valent respectivement  $Z = 6$  et  $Z = 8$

H.2 C’est la théorie dites « des orbitales moléculaires » qui est la plus à même de décrire la structure du monoxyde de carbone. La distance interatomique de 0,111 nm correspond à une triple liaison partielle. Il est commun de le représenter par les structures suivantes (trois formes de résonance) :



Les structures proposées sont elles en accord avec la règle de l’octet ? Justifier.

H.3 Le dioxyde de carbone est un gaz à effet de serre. L’augmentation de la concentration de dioxyde de carbone serait responsable de 55% de l’augmentation de l’effet de serre, d’autres gaz sont également responsables de ce dérèglement, comme, la vapeur d’eau (H<sub>2</sub>O), le méthane (CH<sub>4</sub>) ou encore le monoxyde d’azote (N<sub>2</sub>O).

H.3.1 Qu’est que c’est l’effet de serre ?

H.3.2 Quelle est l’influence de l’effet de serre sur l’atmosphère de la planète Terre ?

H.4 Pour éviter l’intoxication au monoxyde de carbone il est conseillé de veiller à l’entretien et au bon fonctionnement des appareils à combustion (fourneau à charbon, à gaz, à bois, chaudière, chauffe-eau, cuisinière) et d’assurer une ventilation suffisante des locaux dans lesquels sont placées les installations de combustion (cuisine, garage, salle d’eau). Justifier ces mesures de prévention.

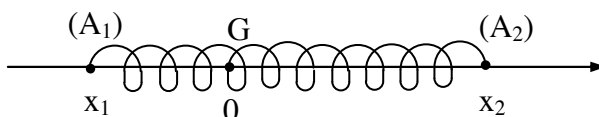
**I. Etude des modes de vibration de la molécule de monoxyde carbone CO.**

I.1 Vibrations longitudinales

Il s’agit dans cette partie d’étudier les vibrations longitudinales de la molécule de monoxyde de carbone (CO). On la modélisera par un système à deux corps reliés par un ressort élastique et on montrera que les oscillations harmoniques dépendent des caractéristiques de la molécule.

Deux corps ponctuels (A<sub>1</sub>) et (A<sub>2</sub>) de masses respectives m<sub>1</sub> et m<sub>2</sub> sont reliés par un ressort élastique à spires non jointives de constante raideur k, de masse négligeable et de longueur à vide l<sub>0</sub>.

Les deux corps sont mobiles sur une tige fixe horizontale.



On repère leurs positions par leurs abscisses  $x_1 = \overline{GA_1}$

et  $x_2 = \overline{GA_2}$ , G étant le centre de masse de ce système. les frottements sont négligeables.

A  $t = 0$  on écarte ces deux corps ponctuels de leur position d’équilibre et on les lâche sans vitesse initiale.

I.1.1 On pose  $y = x_2 - x_1$ .

Etablir l'équation différentielle vérifiée par  $y$ .

I.1.2. Exprimer la période  $T$  avec laquelle les corps  $A_1$  et  $A_2$  oscillent l'un par rapport à l'autre en fonction de  $k$ ,  $m_1$  et  $m_2$ .

I.1.3 Le système précédent modélise les vibrations longitudinales de la molécule de monoxyde de carbone CO.

La longueur d'onde dans l'air associée à la fréquence propre  $\nu$  de ces vibrations est  $\lambda = 4,60$  mm.

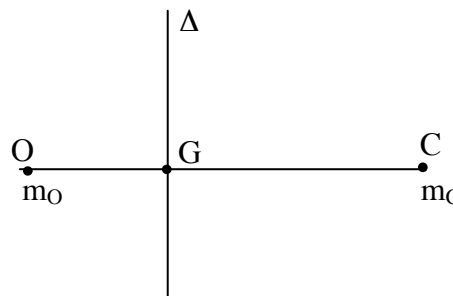
a) Déterminer cette fréquence propre. Faire l'application numérique.

b) Déterminer la constante de raideur  $k$  associée à la liaison carbone – oxygène de cette molécule. Faire l'application numérique.

I.2 Spectre des énergies de rotation de la molécule.

L'étude de ce spectre montre que les énergies de rotation d'une molécule, ici la molécule diatomique de monoxyde de carbone, ne prennent que certaines valeurs. En recherchant les longueurs d'onde des radiations associées au passage d'un niveau d'énergie à un autre, on montre la nature corpusculaire de la lumière.

La molécule d'un gaz diatomique comme le monoxyde de carbone peut effectuer différentes rotations, notamment autour de l'axe ( $\Delta$ ) perpendiculaire à l'axe reliant les deux atomes et passant par le centre de masse  $G$  de la molécule.



L'énergie cinétique de rotation par rapport à cet axe ( $\Delta$ ) est donnée par la relation :  $E_C = \frac{1}{2} I_{\Delta} \omega^2$

Avec  $I_{\Delta}$ , le moment d'inertie de la molécule par rapport à l'axe ( $\Delta$ ) et  $\omega$  vitesse de rotation angulaire de la molécule autour de l'axe ( $\Delta$ ). En appelant  $m_c$  et  $m_o$  les masses respectives des atomes de carbone et d'oxygène et  $d$  la distance entre les deux atomes on a :

$$I_{\Delta} = \frac{m_c \times m_o}{m_c + m_o} \times d^2 = \mu d^2$$

Ce modèle dit classique n'est cependant pas correct ; on constate qu'en réalité cette énergie cinétique de rotation est quantifiée. Le modèle dit quantique donne comme expression pour cette énergie cinétique de rotation :

$$E_k = \frac{h^2}{8\pi^2} \times \frac{1}{I_{\Delta}} \times J(J+1) \quad (1)$$

Avec  $h$  constante de Planck et  $J$  nombre quantique associé à un état d'énergie de rotation de la molécule ( $J$  est un nombre entier positif ou nul).

I.2.1 Vérifier que la relation (1) est homogène.

I.2.2 Que signifie énergie « quantifiée » ?

I.2.3 Déterminer la valeur numérique du moment d'inertie  $I_{\Delta}$  de cette molécule.

I.2.4 Quand la molécule perd de l'énergie en passant d'un état d'énergie de rotation à un autre d'énergie plus faible, elle émet un photon d'énergie  $E = h\nu$ , avec  $\nu$  la fréquence de l'onde électromagnétique associée à ce photon.

Déterminer la fréquence  $\nu_{10}$  et la longueur d'onde  $\lambda_{10}$  de l'onde électromagnétique émise quand la molécule passe de l'état de rotation  $J = 1$  à l'état de rotation fondamentale  $J = 0$

I.2.5 Exprimer en fonction de  $J$  l'écart énergétique entre deux niveaux d'énergie successifs. Les niveaux d'énergie sont – ils équidistants ?

I.2.6 Représenter le diagramme des niveaux d'énergie de rotation de la molécule de monoxyde de carbone depuis le niveau fondamental  $J = 0$  jusqu'au 5<sup>e</sup> niveau excité (qui correspond à  $J = 5$ ). On exprimera les énergies en eV et on choisira une échelle convenable.

I.2.7 Dans quel domaine se situent les radiations émises par cette molécule quand elle se désexcite c'est-à-dire quand elle passe d'un niveau excité (on prendra comme plus grande valeur  $J = 5$ ) à un niveau inférieur ?

**Données :**

Masses molaires atomiques :  $M_C = 12 \text{ g/mol}$        $M_O = 16 \text{ g/mol}$  ;      Distance  $d = 123 \text{ pm}$  ;

Nombre d'Avogadro :  $N = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$  ;      Constante de Planck :  $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$  ;

Charge élémentaire :  $e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

On prendra pour la vitesse de la lumière dans l'air :  $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

**A COMPLETER ET A RENDRE AVEC LA COPIE  
NE METTRE AUCUN SIGNE DISTINCTIF**

nombre de dés  
restants (N)

