

LE CARBONE SOUS TOUTES SES FORMES

Le carbone est un élément très peu abondant dans l'écorce terrestre, où il est classé 19ème (0,2% en masse). Il doit son importance au fait qu'il forme à lui seul plus de composés que tous les éléments réunis car il peut se lier à d'autres atomes de carbone pour former des chaînes et des cycles complexes. Les composés du carbone sont innombrables, ce qui a conduit les chimistes à créer un domaine particulier pour les étudier : la Chimie Organique.

Le carbone est un élément absolument nécessaire à l'existence des êtres vivants (échange constant de carbone (CO_2) avec leur milieu extérieur, composé de l'ADN) et à la synthèse de très nombreuses molécules dans l'industrie chimique. Dans la classification de Mendeleïev, il se trouve sur la deuxième ligne, en sixième colonne, et porte le numéro atomique $Z = 6$. Sa configuration électronique est donc $1s^2 2s^2 2p^2$. Ceci implique que 4 électrons non appariés peuvent créer des liaisons : le carbone est tétravalent. Sa masse molaire est de 12,0107g/mol. Dans la nature, le carbone existe sous trois formes allotropiques : amorphe (suie), graphite et diamant. Les scientifiques ont cependant réussi à créer de nouveaux types de carbone, les fullerènes et les nanotubes, dont les propriétés diffèrent de celles du carbone naturel. Nous allons donc ici étudier en détails cet élément et ses différentes formes.

0.1 Graphite et Diamant

Lorsque le carbone cristallise dans une structure cubique diamant, on parle de carbone diamant. Sa densité est alors de 3,55, et le rayon des atomes est de 77pm.

1. Représenter la maille élémentaire du carbone diamant. Calculer la compacité de cette structure, et retrouver la masse molaire du carbone.
2. Quelle est la nature des liaisons mises en jeu dans ce solide? discuter les propriétés qui en découlent.

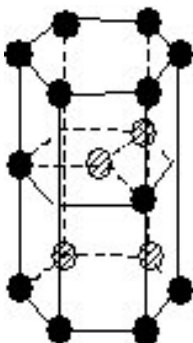


FIG. 1 – structure du graphite

Le carbone peut aussi cristalliser dans une structure graphite représentée dans la figure 1. La distance entre deux atomes de carbone liés est alors d'environ 140pm, et la distance entre plans de 335pm.

1. Calculer la densité du graphite.
2. Quelles sont les propriétés qui différencient cette variété allotropique de l'autre?

Pour déterminer la forme cristalline la plus stable, on étudie la transformation graphite-diamant. Les enthalpies H et entropies S sont pour le graphite $H = 718,7\text{kJ/mol}$ et $S = 5,69\text{J/mol/K}$, et pour le diamant $H = 720,6\text{kJ/mol}$ et $S = 2,51\text{J/mol/K}$.

1. Quelle est la forme cristalline la plus stable?
2. Quelle pression faudrait-il appliquer pour transformer le graphite en diamant?

0.2 Le fullerène

Un autre polymorphe du carbone, le fullerène (du nom de l'ingénieur et philosophe Buckminster Fuller qui a construit un dôme géodésique pour l'exposition universelle de Montreal de 1967) ou footballène, a été découvert en 1985 en

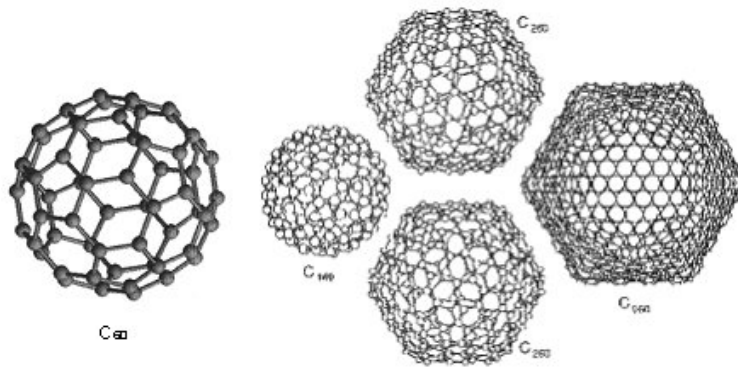


FIG. 2 – Fullerènes C_{60} , C_{140} , C_{260} et C_{960}

faisant jaillir un arc électrique entre les 2 tiges de carbone dans une atmosphère partiellement composée d'hélium. Il existe plusieurs variétés de fullerène, comme le montre la figure 2. L'indice donne le nombre d'atomes de carbone dans la structure. Nous allons nous limiter ici au fullerène C_{60} , représenté plus en détails dans la figure 2.

A température ambiante, l'état stable du carbone C_{60} est un cristal moléculaire cubique à faces centrées. Les molécules de C_{60} pratiquement sphériques sont liées entre elles par des liaisons de Van der Waals.

1. Combien y a-t-il d'atomes de carbone par maille?
2. Calculer le rayon de la molécule C_{60} sachant que la paramètre de maille vaut 1400pm. Nous supposons qu'il s'agit d'un cfc parfait et donc il y aura tangence sur la diagonale d'une face.
3. On peut insérer dans les vides interstitiels de ce cristal du potassium de telle sorte que l'on peut réaliser le composé K_3C_{60} (le buckide de potassium). Quels sont les sites occupés par l'élément potassium? Le potassium est-il dans ce cristal sous forme d'ions ou d'atomes? On donne leur rayon atomique $R(K) = 230\text{pm}$ et $R(K^+) = 130\text{pm}$.
4. Expliquer pourquoi K_3C_{60} est un conducteur électrique.

0.3 Les nanotubes

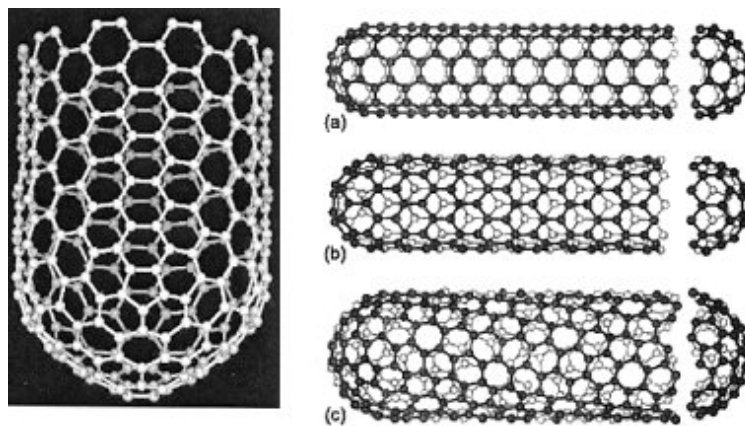


FIG. 3 – Nanotubes : (a) un fauteuil (b) un zigzag (c) un nanotube chiral

La nanotechnologie, un secteur en pleine expansion, repose sur l'étude, le développement et la commercialisation de matériaux et de dispositifs à l'échelle du milliardième de mètre, le nanomètre. Ainsi, les scientifiques examinent comment on pourrait produire des nanotubes de carbone à paroi simple, c'est-à-dire des cylindres dont la paroi aurait l'épaisseur d'un atome, en vue de leur utilisation en nano-électronique ainsi que dans les piles à combustible, les matériaux nano-composites et les détecteurs chimiques. Les nanotubes présentent des propriétés mécaniques et électriques aussi particulières qu'inhabituelles. Étant creux, ils peuvent encapsuler diverses substances organiques ou inorganiques. On peut aussi s'en servir comme conducteurs ou semi-conducteurs, selon leur structure, d'où l'intérêt de l'industrie. Certains laboratoires s'efforcent de voir comment on pourrait purifier des liquides contaminés en exploitant la propriété qu'ont les nanotubes de piéger les polluants.

Connaissez-vous d'autres possibilité d'application des nanotubes de carbone?