

Groupe : A

LES NANOTUBES DE CARBONE

Sommaire

Sommaire	1
Introduction :	2
Définition.....	2
2) Les nanotubes monofeuillets.....	3
3) Nanotubes de carbone multifeuillets (MWNT, multiwalled Nanotubes).....	4
Les propriétés des nanotubes de Carbone.....	5
Propriétés mécaniques.....	5
Propriétés électriques	7
Emission de Champs.....	9
Un petit Bilan :	10
Applications	11
Problèmes.....	13
Conclusion	14

Introduction :

Le XXIème siècle on valorise enfin la petitesse

Dans le prolongement du XXème siècle, est caractérisé pas une grande avancé technologique dans tout les domaines et plus particulière dans le domaine de la haute technologie (téléphonie et autre). Mais ce qui est le plus recherché dans ce dernier domaine, c'est la miniaturisation. En effet depuis plusieurs années on voit apparaître sur le marché des écrans plats, des téléphones mobiles de plus en plus performant (pourtant leurs taille et leurs poids reste inchangé voir et de plus en plus réduit(e)).

Une découverte récente devrait permettre de faire un immense pas en avant dans la miniaturisation. Ces sont les **nanotubes de carbone**. En effet, en 1952 Radushkevich et Lukyanovich publient des images claires de tube de carbone d'environ 50 nanomètre de diamètre dans un journal soviétique (étant publié pendant la période de la guerre froide, peut de chercheur ont eu accès à ces informations, ce qui explique pourquoi la recherche a été si ralenti jusqu'en 1979).

Dans cet exposé nous chercherons à élucider la question suivante : Qu'est ce que les nanotubes de carbone et pourquoi sont-ils si intéressant ? Par conséquent dans un premier temps nous définirons ce qu'est un nanotube de carbone, comment il est formé ; puis nous nous pencherons sur ses propriétés physique et chimique afin de comprendre d'un point de vue scientifique l'intérêt de ces nanotube pour enfin en venir à notre dernière partie qui sera l'applications des nanotubes dans la technologie actuelle.

Définition

Qu'est ce qu'un nanotube de carbone ?

Il existe deux type de nanotube de carbone : les nanotubes **monofeuillets** et les nanotubes de carbone **multifeuillets**.

Les nanotubes monofeuillets

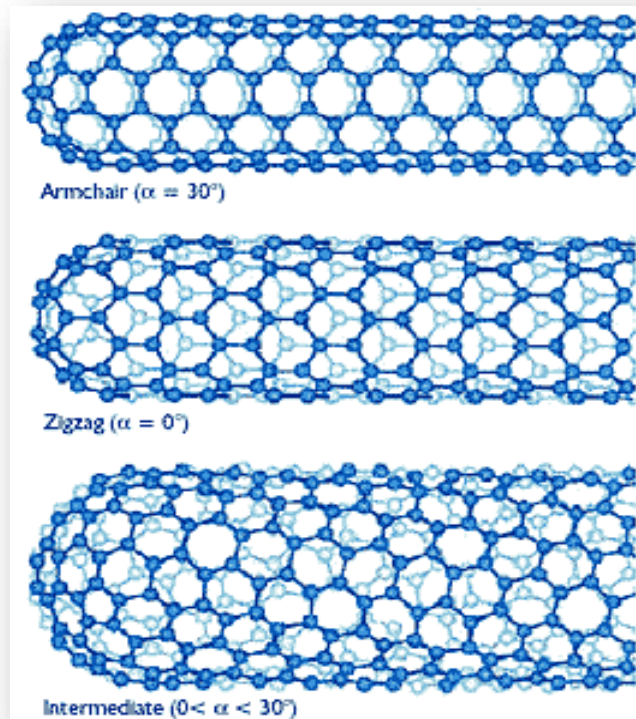
Les nanotubes monofeuillets sont constitués d'un feuillet de graphène enroulé sur lui-même et fermé à ses deux extrémités par une demi-sphère.

Le graphène est un cristal de carbone bidimensionnel formé de cellules hexagonales (voir la photo ci-dessous).



Feuillet de graphène

Il existe trois types de nanotube de carbone qui dépendent de l'enroulement de la feuille de graphène (ce paramètre est appelé hélicité et varie entre 0 et 30°) :



Les différents types de nanotube monofeuillets

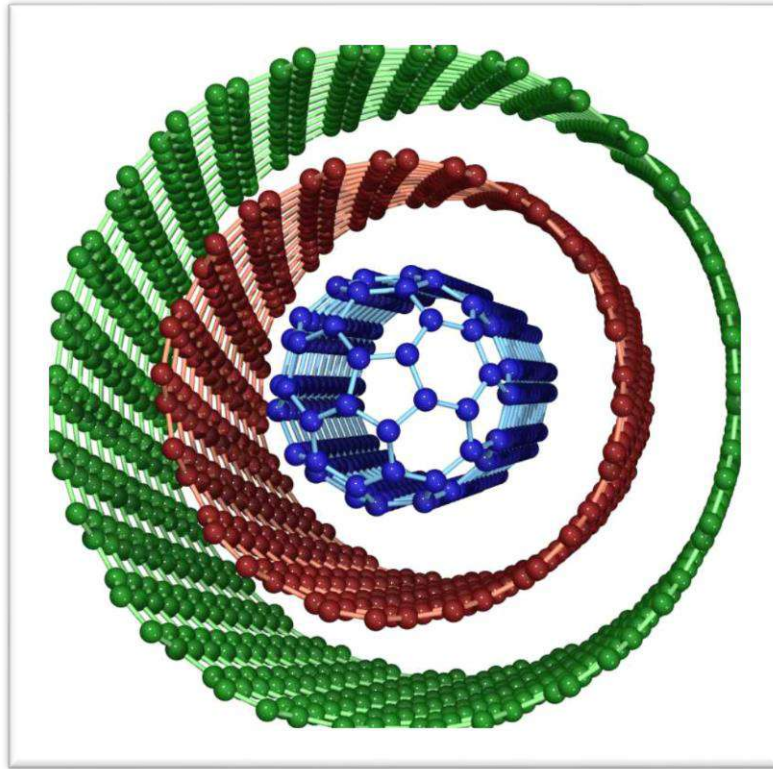
Chaque type de nanotube a des propriétés différentes, par exemple les nanotubes de type Armchair (ou fauteuil en français) se comportent comme des métaux alors que les nanotubes de type zigzag se comportent comme des semi-conducteurs. Nous détaillerons leurs nombreuses propriétés dans le prochain chapitre.

Nanotubes de carbone multifeuillets (MWNT, multiwalled Nanotubes)

Un nanotube de carbone multifeuillet est constitué de plusieurs feuillets de graphènes enroulés les uns autour des autres. Il existe deux modèles pour décrire la structure des nanotubes multifeuillets.

- Le modèle *parchemin*: un seul feuillet de graphène est enroulé sur lui-même, comme une feuille de papier.

- Le modèle *poupée russe*: les plans de graphène sont arrangés en cylindres concentriques.



Nanotube de carbones multifeuillets : modèles poupée russe

Après avoir présenté les différents nanotubes existants nous allons énoncer leurs différentes propriétés de manière à mieux comprendre pourquoi ces tubes suscitent autant d'intérêt auprès des chercheurs.

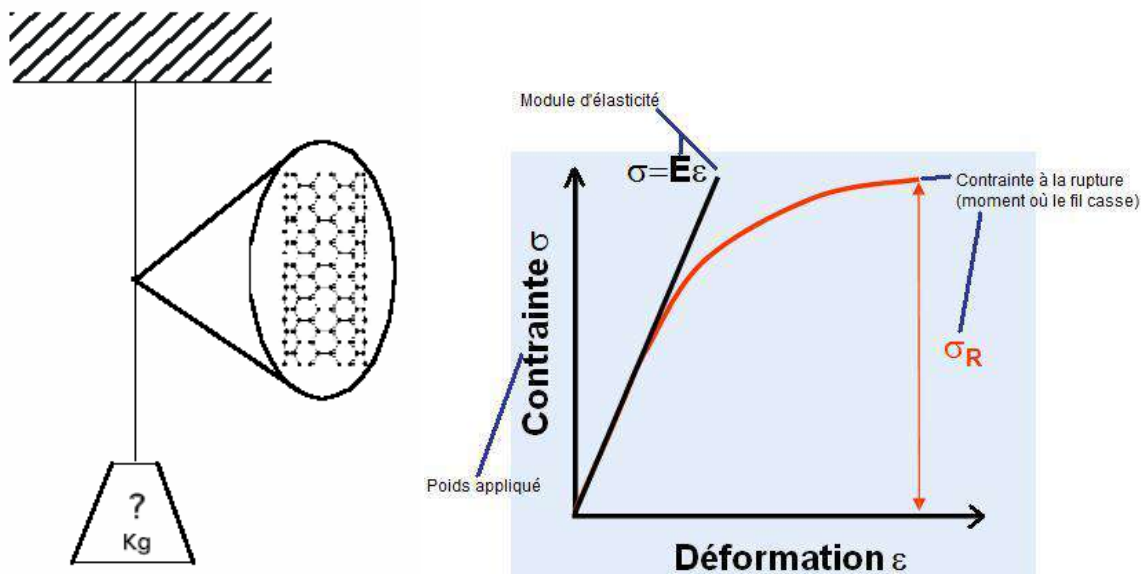
Les propriétés des nanotubes de Carbone

Propriétés mécaniques

Les propriétés mécaniques de nanotubes de carbone sont des plus intéressantes jamais rencontrées, voyons-en quelques aspects :

- **La rigidité**

La rigidité des nanotubes de carbone est définitivement une des plus fortes jamais rencontrées! Elles est due aux très fortes liaisons carbone-carbone (entre les atomes) comparables à celles du diamant ou du graphène.



Si l'on veut faire une expérience de type standard, sans s'inquiéter du fait que l'on a un objet de taille nano, on suspend un fil en appliquant une contrainte (un poids) et l'on mesure sa déformation. Ici, on imagine que le fil est remplacé par un nanotube (même si cela demeure impossible).

En réalité, au moyen d'un microscope à force atomique avec lequel on applique une force puis on mesure la déformation d'un nanotube.

On suspend le nanotube au dessus d'un support poreux, puis l'on exerce une force sur le nanotube au dessus d'un pore.

En quelques chiffres, le module d'élasticité est égal à 1TPa (soit 1000 GigaPascal) cela équivaut à 10 fois celui de l'acier.

La contrainte à la rupture est de 45 GPa, soit 20 fois celle de l'acier

- **Densité**

Autre point intéressant : ces nanotubes sont des éléments tout-carbone très léger, sa densité (le rapport de la masse sur le volume) représente 1/6 de celle de l'acier.

- **Flexibilité**

La flexibilité d'un objet est la capacité qu'a celui-ci à être tordu.

Dans le cas des nanotubes, celle-ci est très intéressante : ces nano-objets sont incroyablement flexibles!

Des expériences au microscope à force atomique ont été effectuées.

On appuie, avec la pointe, sur le nanotube :



Bernhole et al. 1998

Cette déformation exceptionnellement souple est liée à la capacité des atomes de carbone à se réarranger avec des pentagones, des heptagones ou des hexagones localement (l'endroit qui subit la courbure).

Propriétés électriques

Outre ses propriétés mécaniques, ces nanotubes de carbones possèdent d'exelentes propriétés électriques:

Un petit rappel : lorsque l'on a un solide avec énormément d'atomes et d'électrons, il y a création de bandes d'énergie. Ici, ce qui est important est le niveau de Fermi qui correspond au remplissage, à température nulle, par l'ensemble des électrons qu'il y a dans le solide.

Trois cas sont à distinguer :

- Si niveau de Fermi se situe **dans** une bande :

Cela signifie qu'il va être très facile de déplacer des électrons : c'est-à-dire que lors de l'application d'une très petite tension, il va y avoir passage d'un courant (différence de potentiel).

On dit qu'il s'agit d'un **métal** . (Exemple : le Cuivre)

- Si le niveau de Fermi se situe **entre deux** bandes (dans une bande interdite):

Dans ce cas, il va falloir fournir de l'énergie pour déplacer des électrons (celle-ci est liée à la taille de la bande interdite, plus celle-ci est large, plus l'énergie à fournir est importante) afin de changer de bande.

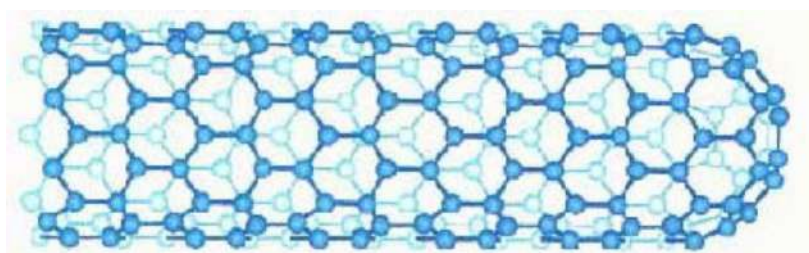
Si l'énergie fournie est faible, on dit qu'il s'agit d'un **semi-conducteur** : le courant ne passe qu'à partir d'une certaine tension. (Exemple : le Silicium)

- Si l'on a un GAP (bande interdite) très large :

Alors c'est un **isolant** : le passage d'un courant électrique est impossible. (Exemple : un plastique)

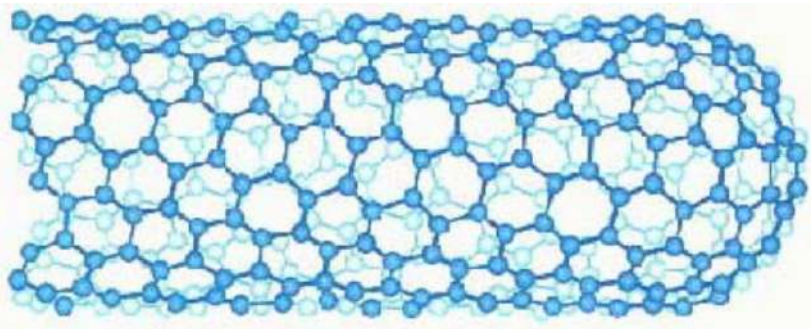
On observe, grâce à ces propriétés électroniques particulières, que selon leur structure (diamètre et hélicité), les nanotubes sont ou:

- **Métalliques** (1/3 de l'ensemble des nanotubes en général)



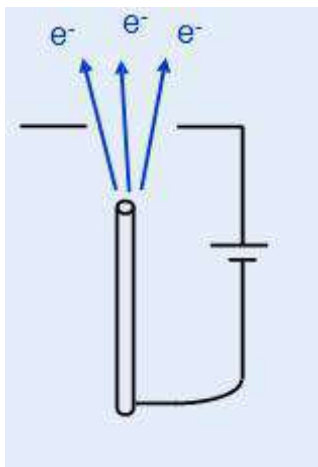
(Ceux-ci supportent $I \sim 1\,000\,000\,000\text{ A/cm}^2$, c'est un courant extrêmement fort, environ 1000 fois plus forts que les fils de cuivre réputés pour supporter de très grands courants)

- **Semi-conducteurs** (2/3 de l'ensemble des nanotubes en général)



Emission de Champs

L'émission de champ est un terme désignant l'effet inverse que produit un paratonnerre (la foudre frappe sur une pointe métallique qui attire les électrons)



Cet effet inverse se traduit donc par l'émission d'électrons par la pointe, grâce à l'application d'un potentiel.

Les nanotubes avaient, en effet, une géométrie idéale pour ce faire (un diamètre très fin par rapport à sa longueur).

Un petit Bilan :

LES PROPRIETE ELECTRIQUES :

- Un diamètre de l'ordre du nanomètre (100 000 fois plus petit qu'un cheveu)
- Capacité d'émission d'électrons (émission de champ)
- C'est les seuls matériaux qui peuvent être à la fois métallique et semi-conducteurs
- Ils supportent, de plus, de très forts courants

PROPRIETE MECANIQUES :

- Une flexibilité exceptionnelle
- Très léger (densité faible)
- Transmet très bien la chaleur (lié aux propriétés des liaisons carbone-carbone) :
ils sont thermiquement aussi stables que les fils métalliques des micro puces!

POINT NEGATIF : LE COÛT

- Un gramme de nanotubes multi parois coûte 10€ (prix d'un gramme d'or)
- Un gramme de nanotubes mono parois coûte 1000€ (travail de purification très cher)

A présent nous allons vous exposer quelques exemples des futures d'applications des nanotubes de carbone.

Applications

Les nanotubes de carbone permettent de nombreuses applications dans des domaines très variés. De nombreux sports sont concernés parmi lesquels figurent le tennis, le golf, la voile, la formule 1, le cyclisme, le hockey, la moto et tant d'autres.

Leur utilisation se fait au niveau des tenues, par exemple pour confectionner des chaussures qui absorberaient mieux les chocs grâce à l'élasticité des nanotubes. Des chercheurs ont découvert qu'en mettant des nanotubes dans du polyéthylène celui-ci devenait jusqu'à 30% plus élastique! Dans la majorité des cas on utilise leur propriété de poids pour alléger les raquettes, clubs de golf, cadres de vélos, mats de voile et autres matériaux inclus dans les voitures de F1.

Leur solidité est aussi très appréciée, en remplacement de la fibre de carbone, dans la F1 ainsi que dans le tennis ou en voile, non seulement pour les mats mais aussi pour des cordages plus résistants...

Voici quelques chiffres pour illustrer l'utilité des nanotubes :

Exemple d'un composite Carbone UD 65 / Epoxy pour la raquette

de tennis :

L'ajout de 1% de nanotubes de carbone apporte :

9 % de rigidité

5 % d'augmentation du rapport d'amortissement

20 % de résistance rupture en traction

60/70% d'amélioration à la résistance à l'impact entre un palais et une cross de Hockey si on l'utilise pour sa fabrication.

Plus légers : diminue de 15 à 20% le poids du guidon tout en restant solide dans la fabrication de vélos.

Structures plus légères et solides : pour un gain de vitesse de 5 à 15% dans la conception de bateaux à voile et une meilleure résistance du mat pour un gain de vitesse de 3 à 4%.

Mais les nanotubes peuvent également servir dans d'autres domaines afin de remplacer le silicone des puces informatique dans la recherche de la miniaturisation des puces électroniques. On pourra aussi remplacer le disque dur des ordinateurs par des fils magnétiques de taille nanoscopiques pour un stockage d'information optimal. Le remplacement à bas prix des écrans à cristaux liquides et avec une meilleure qualité serait aisé. Sans parler de la dissipation de la chaleur dans les équipements électroniques grâce à la conductivité thermique élevée des nanotubes. Une utilisation plus hypothétique mais complètement réalisable permettrait d'implanter des électrodes médicales biocompatibles dans différents buts médicaux.

En sus de tout cela, de toutes ces applications possibles, les nanotubes de carbone ouvrent -par la combinaison de propriétés comme la solidité et la légèreté- la perspective de création d'un ascenseur de l'espace qui serait relié à des satellites, même si un aller simple prendrait une journée entière !

Problèmes

Nous avons vu que les nanotubes de carbone sont une découverte qui a généré énormément d'espoir au cours des 20 dernières années, sans pour autant que l'on en voie le début d'une concrétisation d'une application grand public. Nous nous sommes donc demandé pour quelles raisons nous ne profitons pas déjà pleinement de ces innovations.

On peut, en premier lieu, mettre la faute sur les coûts de fabrication, encore bien trop élevés. Les procédés sont encore relativement coûteux, rendant l'utilisation « industrielle » des nanotubes inabordable.

De plus, les scientifiques n'ont encore pas suffisamment de recul pour connaître les effets précis des nanoparticules sur l'Homme. En effet, il existe une pollution nanométrique, comme dans le cas des nanotubes qui peuvent s'intercaler entre les molécules d'ADN, compte tenu de leur petite taille et présentent des risques de cancer. Un article du journal scientifique Langmuir de l'American Chemical Society a justement étudié récemment une nouvelle caractéristiques de ces objets qui déchirent les membranes plasmiques des cellules et provoquent leur mort. Ce qui montre que les risques nanométriques ne sont pas aussi petit que leur échelle, et donc qu'il ne faut pas les sous estimer.

Conclusion

L'étude des nanotubes de carbone de prendre conscience du fait que cette découverte été une avancée énorme dans la technologie bien qu'ils restent encore assez dur à synthétiser et que leur coût de production soit très élevé, cependant nous avons pu voir d'après les diverses propriétés et applications que ces nanotubes possèdent que l'avenir leur réserve une grande place dans de nombreux domaines, notamment dans la technologie moderne. Les différentes recherches que nous avons effectuées nous ont également permis d'en apprendre long sur un sujet qui nous été totalement inconnu et de faire le lien avec notre enseignement de physique. Il ne nous reste plus qu'à attendre comment va évoluer la technologie avec ces nanotubes

Sources:

http://fr.wikipedia.org/wiki/Nanotube_de_carbone

<http://www.imp.cnrs.fr/utilisateurs/guillard/page2.html>

<http://www.onera.fr/conferences/nanotubes/trans33.htm>

<http://www.onera.fr/coupdezoom/19-nanotubes.php>

http://www.nanoledge.com/technology/cnano/nanotubes_nanoledge.fr.htm

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Nanotube>

<http://www.nanoledge.com/applications.fr.htm>

<http://www.archipress.org/ts/chatelain2.htm>

<http://www.nanoledge.com/technology/cnano/nanotechnologies.fr.htm>

http://fr.wikipedia.org/wiki/Nanotube_de_carbone

http://www.futura-sciences.com/fr/comprendre/glossaire/definition/t/matiere-1/d/graphene_4713/

http://www.cours.phy.ulaval.ca/cours/17323.gbedard/nanotube_carbon.gif

<http://www.onera.fr/conferences/nanotubes/trans10.htm>