

Concours 4^{ème} : La chimie du carbone

QUELQUES CONNAISSANCES SUR L'ÉLÉMENT CARBONE

1 Quel nom porte la branche de la chimie qui étudie les composés contenant l'élément carbone ? **La chimie organique**

La chimie organique est la chimie des composés du carbone.

http://chimie.scola.ac-paris.fr/sitedechimie/chi_orga/chi_org_intro.htm

2 Une forme particulière de carbone pur est très recherchée en joaillerie. Quel est son nom ?

Le diamant

La découverte en 1793 de sa composition, du carbone pur, par Antoine Lavoisier, a marqué le début de l'épopée de sa synthèse. Cependant, il a fallu attendre le milieu du XX^e siècle pour qu'enfin des chimistes réussissent à le fabriquer. Dès lors, le diamant est devenu un matériau industriel dont la production annuelle atteint aujourd'hui plus de 400 millions de carats, soit 80 tonnes.

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

3 Il existe une autre forme de carbone pur dont les utilisations sont diverses : **le graphite**

Le diamant est une forme métastable du carbone dans les conditions de température et de pression normales. Il brûle dès 500°C dans un courant d'air, mais s'il est maintenu à 1100°C sous atmosphère neutre, il se transforme en graphite.

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

4 Dans la classification périodique des éléments, quel est le symbole du carbone ? **C**

Le carbone est un élément chimique, de symbole C

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

5 L'élément le plus abondant dans la croûte terrestre est l'oxygène représentant à lui seul 49,5 % de la masse. L'élément carbone, quant à lui, ne représente que 0,09 % de la masse de la croûte terrestre. A quelle place se situe-t-il par ordre d'abondance dans la croûte terrestre ?

13^{ème}

A priori plutôt 12^{ème} <http://www.lenntech.com/fran%C3%A7ais/data-perio/Taux-elements-croute-terrestre.htm>

L'ORIGINE DU CARBONE DANS LES SUBSTANCES VÉGÉTALES ET ANIMALES

6 La présence de carbone dans les plantes provient d'une réaction chimique ayant lieu à la lumière du jour appelée photosynthèse. Au cours de celle-ci, la plante prélève un gaz de l'atmosphère. Lequel ? **le dioxyde de carbone**

Les seuls nutriments nécessaires à la plante sont le dioxyde de carbone de l'air, de l'eau et les minéraux du sol.

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Photosynth%C3%A8se>

7 C'est au cours de l'alimentation que les animaux et nous-mêmes absorbons des substances carbonées. Certaines d'entre elles sont utilisées pour libérer de l'énergie par des « combustions » internes grâce au dioxygène inspiré. Notre expiration contient alors du dioxyde de carbone. Quel test permet d'identifier ce gaz ? **le trouble de l'eau de chaux.**

Cf cours de 5^{ème} ...

LES GISEMENTS DE SUBSTANCES CARBONÉES DANS LES SOLS

La présence de substances carbonées dans les sols provient essentiellement de la fossilisation des végétaux. La teneur en carbone de ces gisements dépend de l'ancienneté du site qui se compte en plusieurs dizaines de millions d'années.

8 Parmi ces substances que l'on trouve en gisement, quelle est celle qui n'est pas carbonée ?

Le nickel

Le **pétrole**, du *latin* *petraoleum* (soit « huile de pierre »), est une *roche* liquide carbonée, ou *huile minérale*. *Énergie fossile*, son exploitation est l'un des piliers de l'*économie industrielle* contemporaine, car il fournit la quasi totalité des *carburants* liquides.

<http://fr.wikipedia.org/wiki/P%C3%A9trole>

Le **gaz naturel** est un *gaz combustible fossile* issu de la *décomposition* de matériaux organiques. Son composant principal est le méthane CH_4 . (donc présence de carbone)

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

Le **charbon** ou **houille** est un *combustible* solide résultant de la *fossilisation* de *végétaux*; se présentant sous forme de *gisements* en *veines*.

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

La **houille** est une *roche carbonée*.

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

9 Parmi ces substances carbonées appelées charbon, quelle est celle dont la proportion en carbone est la plus faible ? **La tourbe**

La *houille* est une qualité spécifique de charbon, terme générique qui recouvre trois catégories de combustibles solides de même origine (*kérogène*), mais dont les gisements sont à différents stades de transformation : la *tourbe* (teneur en carbone < 50 %) , le *lignite* (teneur en carbone comprise entre 50 et 60 %) et enfin la *houille*, dont l'*anthracite* (teneur en carbone comprise entre 93 et 97 %) est une variété de qualité supérieure.

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

10 Quelle est celle qui en revanche contient plus de 95 % de carbone ? **L'anthracite**

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Houille> voir aussi

la *tourbe* (50 à 55%), le *lignite* (55 à 75%), la *houille* (75 à 90%) et l'*anthracite* (> 95%)

http://culturesciences.chimie.ens.fr/dossiers-chimie-societe-article-Combustibles_Fossiles_Demirdjian.html

11 Quel pays est le plus gros exportateur de charbon du monde ? **Australie**

Notons effectivement que l'*Australie* est le 1er exportateur mondial de charbon

http://www.notre-planete.info/actualites/actu_647.php

L'*Australie* dispose de ressources minières et énergétiques immenses (en 3ème position après les *Etats-Unis* et l'*Afrique du Sud* pour la production de minerais non combustibles). Elle se classe au 1er rang mondial pour la production de bauxite, d'alumine, de diamant (elle possède 50 % des réserves mondiales de diamant), d'étain, de titane, de plomb et au 2ème rang mondial pour l'or, le nickel, l'uranium (elle possède 30 % des réserves mondiales d'uranium), le zinc mais produit également *charbon* (1er exportateur au monde), pétrole, fer, gaz naturel, lignite, argent. Le secteur minier occupe une place primordiale dans l'économie du pays puisqu'il fournit à lui seul environ 30 % des exportations.

<http://www.mfe.org/Default.aspx?SID=710>

Le pétrole quant à lui a une teneur en carbone de 84 à 87 %. Cette huile de pierre (nom

étymologique du pétrole) ou huile minérale était déjà connue sous l'Antiquité et servait de combustible dans la ville de Babylone vers 520 av. J.C. Le résidu sec de cette huile aurait soi-disant assuré l'étanchéité de l'arche de Noé.

12 Toutefois, il fallut attendre 1857, pour qu'une ville européenne s'éclaire au pétrole. De quelle ville s'agissait-il ? **Bucarest**

En 1857, la ville de Bucarest devient la première au monde éclairée au pétrole.

<http://fr.wikipedia.org/wiki/P%C3%A9trole>

13 Le pétrole et le gaz naturel sont des substances carbonées. Cependant, outre l'élément carbone qui les constitue, quel est le second élément qui entre dans leur composition ?

L'hydrogène

*Le **gaz naturel** est un gaz combustible fossile issu de la décomposition de matériaux organiques. Son composant principal est le méthane CH_4 . (donc présence de carbone et d'hydrogène)*

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

Le pétrole est un hydrocarbure de formule C_xH_y . (donc présence de carbone et d'hydrogène)

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Napht%C3%A9nique>

14 Dans quel pays se trouvent les plus grandes réserves de gaz naturel (36 % des réserves mondiales en 2003) ? **Russie**

La Russie est, avec les États-Unis et l'Arabie Saoudite, l'un des trois géants en termes de dotation totale en pétrole (somme de la production passée et des réserves restantes). Le pétrole a joué un rôle important dans l'histoire soviétique. Le pays possède par ailleurs les plus grandes réserves de gaz naturel au monde.

http://fr.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9gions_p%C3%A9troli%C3%A8res

15 Les plus grands pays exportateurs de pétrole (Arabie Saoudite, Iran, Iraq, Venezuela, Emirats Arabes Unis, Koweït, Nigeria, Libye, Indonésie, Algérie, Qatar) se sont rassemblés en une organisation. Quel est son nom ? **OPEP**

*L'**Organisation des pays exportateurs de pétrole** (OPEP)*

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

LE CHARBON ET LE PETROLE DE LA REVOLUTION INDUSTRIELLE A NOS JOURS

16 La première exploitation véritablement industrielle d'une mine de charbon en France débuta le 3 février 1720 dans une ville du Nord-Pas-de-Calais. Laquelle ? **Fresnes-sur-Escaut**
L'exploitation véritablement industrielle débuta effectivement le 3 février 1720 dans le Nord à Fresnes-sur-Escaut. Avec la révolution industrielle, elle s'étendit au début du 19^{ème} siècle dans d'autres régions (1815 en Lorraine).

<http://www.industrie.gouv.fr/energie/comprendre/q-r-cha-pdt.htm#12>

Avec la révolution industrielle, cette exploitation s'élargit dès le début du XIX^{ème} siècle à d'autres régions comme la Lorraine.

17 L'une des premières utilisations industrielles du charbon fut liée à son grand pouvoir calorifique. Toutefois, afin d'en éliminer les principales matières volatiles, le charbon est dégradé à haute température dans des fours pour ne garder qu'un résidu solide. Quel est son nom ? **Le coke**

Il est fabriqué à partir du charbon. Celui-ci est chauffé en vase clos, à l'abri de l'air, à la température de 900 à 1100°C jusqu'au moment où toutes les matières volatiles s'en sont

échappées et ont été recueillies (gaz de cokerie), ne laissant qu'un résidu solide (le coke). C'est le processus chimique de la pyrolyse qui, avant la découverte du gaz naturel, était utilisé pour fabriquer du gaz de ville (usines à gaz). Le coke, appelé " agglomérés distillés ", qui résultait de cette production de gaz était, en plus de l'usage sidérurgique, utilisé pour le chauffage.

<http://www.industrie.gouv.fr/energie/comprendre/q-r-cha-pdt.htm#10>

18 Quel est le nom du procédé utilisé en chimie qui consiste en la dégradation d'un composé par la chaleur ? **La pyrolyse**
Voir réponse précédente

19 Ce résidu solide (question 17) est ensuite utilisé dans une autre industrie pour fabriquer un matériau. Lequel ? **de l'acier**

Réduction du minerai de fer par le monoxyde de carbone formé à partir de coke dans un haut fourneau qui donne de la fonte. Affinage de la fonte, par oxydation, du carbone, dans un convertisseur qui donne de l'acier, puis laminage à chaud et/ou à froid qui donne des produits longs (rails...) ou plats (tôles...).

http://www.sfc.fr/Donnees/metaux/fe/texfe.htm#Fabrication_acier

Utilisation du coke : essentiellement en sidérurgie. Il permet d'apporter le carbone nécessaire au fonctionnement du haut fourneau à l'aide d'un matériau perméable, résistant mécaniquement à la compression et non fusible, qualités que ne possède pas la houille qui, en particulier, fond entre 350 et 500 °C.

<http://www.sfc.fr/Donnees/mine/carbone/cadcarb.htm#Coke>

20 Au cours de la dégradation du charbon dans les fours sont extraits des goudrons ainsi que des matières volatiles telles que des essences permettant d'obtenir du benzol, mélange d'hydrocarbures aromatiques (benzène, toluène et xylènes), le gaz de ville qui est envoyé dans le réseau de gaz après l'avoir débarrassé de ses impuretés (hydrogène sulfuré, ammoniac). Pour 1 million de tonnes de charbon traité quel est le volume de gaz obtenu ?

500 millions de m³.

Pour 1 million de tonnes de charbon, on récupère ainsi 50 000 t de goudrons, 15 000 t de benzol et 500 millions de m³ de gaz.

<http://www.planete-energies.com/contenu/charbon/utilisation.html>

21 Plus proche de nous, lorsque nous nous promenons le long d'un canal, parfois des bulles remontent à la surface. Ces bulles proviennent de la décomposition organique des feuilles tombées à l'automne. Quel est le nom de ce gaz ? **Le méthane.**

En 1776, Volta montrait l'existence de "l'air combustible" des marécages : c'est le méthane contenu dans ce gaz qui est inflammable.



Le marais mouillé poitevin.
En remuant le fond du marais, il est possible
d'enflammer les émanations de gaz combustible.

Clichés Jacques GENTILI., 1999.

22 Ce gaz, présent en grande quantité dans les gisements de pétrole et dans les réserves de gaz naturel se trouvait également dans les mines de charbon. Il constituait un grand danger pour les mineurs compte tenu de sa haute inflammabilité dans l'air en présence d'une flamme. Quel est son nom et sa formule ? **Le grisou CH₄**

Le danger le plus redouté, et le plus terrible, est le coup de grisou qui peut entraîner un coup de poussières. Le coup de grisou est un phénomène qui résulte de l'inflammation et de l'explosion d'une accumulation de grisou (gaz de mine essentiellement composé de méthane). Le coup de poussières est généralement provoqué par cette explosion de gaz qui soulève et enflamme les poussières de charbon présentes en grandes quantités dans les galeries. La flamme peut ainsi balayer des kilomètres de galerie voire sortir par les puits. Ses effets peuvent être terrifiants (plus 1000 morts lors de la catastrophe de Courrières dans le Nord-Pas-de-Calais en 1906).

<http://www.industrie.gouv.fr/energie/comprendre/q-r-cha-envi.htm>

Néanmoins, la chimie du carbone s'est développée à partir des résidus des fours, également à partir de carbone provenant de la dégradation d'autres matières organiques et bien évidemment à partir de la chimie du pétrole. En effet, l'atome de carbone a la faculté de se lier facilement avec d'autres atomes et d'être de ce fait, le siège de nombreuses synthèses.

23 Quel nom porte la chimie du carbone provenant du charbon et du pétrole.

La pétrochimie

*La **pétrochimie** est la science qui s'intéresse à l'utilisation des composés chimiques de base issus du pétrole pour fabriquer d'autres composés synthétiques qui peuvent exister ou non dans la nature ; dans le dernier cas, ces composés sont dits artificiels.*

<http://fr.wikipedia.org/wiki/P%C3%A9trochimie>

24 Quel nom est donné à une association d'atomes dans laquelle ces derniers sont liés entre eux en conservant une neutralité électrique d'ensemble ? **Molécule**

*Une **molécule** est un assemblage d'atomes dont la composition est donnée par sa formule chimique...Les molécules sont des ensembles a priori électriquement neutres*

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Mol%C3%A9cule>

25 C'est ainsi qu'un atome de carbone peut se lier avec quatre atomes de chlore pour donner du tétrachlorure de carbone. Quelle est la formule de cette molécule ? **CCl₄**
Le tétrachlorure de carbone est un composé chimique chloré possédant la formule brute: CCl₄, également appelé tétrachlorométhane.

http://fr.wikipedia.org/wiki/T%C3%A9trachlorure_de_carbone

26 L'atome de chlore apparaît dans une colonne de la classification périodique des éléments avec d'autres atomes. Ces atomes constituent une famille. Quel est son nom ? **Les halogènes**

Le chlore est un membre du groupe chimique des halogènes. Il est abondant dans la nature, son dérivé le plus important est le « sel de table » ou chlorure de sodium (NaCl). Ce dernier est nécessaire à de nombreuses formes de vie.

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

27 L'élément fluor appartient également à cette famille. Celui-ci était utilisé dans la chimie du carbone pour fabriquer des CFC (Composés Fluorés Carbonés). Quel était l'autre nom de ces composés ? **Le fréon**

Le Fréon (marque commerciale) est le nom d'une famille de gaz hydrochlorofluorocarbonés (HCFC) ou chlorofluorocarbonés (CFC) fabriqués par la société DuPont de Nemours. Les différentes variétés de fréon sont parfois désignées sous le nom de R11, R502, R22 (R signifiant réfrigérant). Ce gaz frigorigène est toxique[1], non conducteur et ininflammable. Le fréon a été utilisé depuis 1930 comme réfrigérant et depuis 1943 comme gaz propulseur dans les aérosols; il a été parfois utilisé à d'autres fins industrielles (exemple fabrication de mousse polyuréthane).

Cependant son utilisation est très contestée car ses composés peuvent être facilement détruits par les rayons UV émis par le Soleil se dissociant en éléments plus simples comme le chlore et le fluor, éléments responsables entre autres de l'affinement de la couche d'ozone. Sa fabrication a été réduite de manière draconienne ces dix dernières années.

http://fr.wikipedia.org/wiki/Fr%C3%A9on_%28gaz%29

28 Ces derniers étaient utilisés dans le domaine de la réfrigération. Toutefois, leur utilisation s'est considérablement réduite à l'heure actuelle. En effet, ces gaz étaient principalement responsables : **de la destruction de la couche d'ozone**

Voir réponse précédente.

LE CARBONE AU QUOTIDIEN : PLASTIQUE – TEXTILE PARFUM

29 De nombreux produits naturels d'origine animale ou végétale contiennent des molécules insaturées appelées alcènes, possédant une ou plusieurs doubles liaisons C=C.

Les pinènes font partie de la famille des alcènes. On trouve cette molécule dans l'essence de térébenthine. De quel arbre est extraite la résine qui donne l'essence de térébenthine ?

des sapins

L'essence de térébenthine ou "poix de Bordeaux" est obtenue par purification puis par distillation à partir des résines du pin maritime ou d'autres espèces de résineux

http://fr.wikipedia.org/wiki/Essence_de_t%C3%A9r%C3%A9benthine

30 Des alcènes sont également présents dans les fruits. Le limonène est un alcène que l'on peut trouver dans : **l'orange**

L'huile essentielle d'orange est de couleur jaune doré et diffuse un arôme caractéristique de peau d'orange. Ses principaux principes actifs sont : limonène, bergaptène, citral, citronellal, myrcène...

<http://www.aquadesign.be/news/article-3925.php>

31 Par hydratation d'un alcène on peut obtenir un alcool. Quelle molécule ajoute-t-on à l'alcène pour obtenir un alcool ? **H₂O**

$CH_3-CH_2-CH=CH_2 + H_2O \rightarrow CH_3-CH_2-CHOH-CH_3$: butan-2-ol

<http://www.chimix.com/cours/anabio61.htm>

32 70% de la production d'un alcool est obtenu par fermentation de jus sucrés. Le reste de la production résulte de l'hydratation de l'éthylène. Quel est cet alcool ? **l'éthanol**

Historiquement l'éthanol a été produit par fermentation directe de sucres naturels : la production de vin ou de bière fermentée est attestée dans l'empire babylonien dès 3000 av. J.-C. Les premières obtentions pures sont probablement dues aux alchimistes perses qui développèrent l'art de la distillation au VIIIe et IXe siècle de l'ère chrétienne.

On le fabrique aussi industriellement par hydratation de l'éthylène.

<http://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89thanol>

33 D'autres familles de molécules carbonées sont présentes dans de nombreux produits naturels, parmi celles-ci, les esters. Les esters sont très odorants. Il en existe en abondance dans les parfums naturels, dans les fruits mûrs. L'acétate d'isoamyle est un ester responsable de l'arôme d'un fruit. Lequel ? **la banane**

acétate d'isoamyle : banane

<http://www.vitisphere.com/dossier--21960-22010.htm> ou livre de 4^{ème}.

34 Le PVC est une matière plastique. Outre des atomes de carbone et d'hydrogène, quel est l'autre type d'atome présent dans sa molécule ? **des atome de chlore**

PVC Chlorure de polyvinyle: polymère composé d'atomes de carbone, de chlore et d'hydrogène, dont le monomère est le chlorure de vinyle. C'est un thermoplastique qui peut être mis en oeuvre par la majorité des techniques de transformation.

<http://www.belgochlor.be/fr/B102.htm>

35 La combustion des matières plastiques produit toujours du dioxyde de carbone et peut parfois émettre des gaz toxiques voire mortels. Quel est celui qui est émis lors de la combustion du PVC ? **le chlorure d'hydrogène**

Les principaux produits dégagés par la combustion du PVC sont le monoxyde de carbone (CO), le dioxyde de carbone (CO₂), le chlorure d'hydrogène (HCl) et l'eau.

<http://www.pvcinfo.be/home.asp?page=146>

36 C'est la déformabilité des matières plastiques à chaud ou à froid qui permet de les classer en trois catégories. Parmi les catégories ci-dessous quelle est celle n'entrant pas dans une catégorie de matières plastiques ? **les thermophiles**

Organisme dont la croissance est favorisée à des température égales ou supérieures à 50°C.

<http://res.agr.ca/siscan/glossary/thermophile.html>

LE CARBONE, L'ATOME DU FUTUR ?

37 Les recherches sur des nouvelles structures de l'atome de carbone portent sur des composants dans lequel le carbone sera quasiment assemblé atome par atome. Ces nouvelles technologies travaillant directement sur l'atome s'appellent les nanotechnologies. En effet, le préfixe nano est le préfixe utilisé pour l'infiniment petit. Mais que vaut 1 nanomètre ?

$1 \times 10^{-9} \text{ m}$

nanomètre : nm : 10^{-9} m

<http://fr.wikipedia.org/wiki/M%C3%A8tre>

38 En 1996, des chercheurs américains et britanniques ont découvert une nouvelle forme d'organisation des atomes de carbone avec la formation d'une molécule constituée de 60 atomes de carbone : C_{60} . Quel nom est donné à cette molécule ? **Le fullerène**

Kroto et al. voulaient mieux comprendre les mécanismes de formation des longues chaînes de carbone dans l'espace interstellaire, à cette fin ils vaporisent un disque de graphite par ablation laser et mettent en évidence l'existence d'agrégats particulièrement stables contenant 60 atomes de carbone. La plus petite molécule sphérique répondant à cette définition est le C_{60} . C'est également le fullerène le plus fréquent.

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Fuller%C3%A8ne>

39 Le but de ces recherches est de tenter de miniaturiser à l'extrême les composants électroniques. Dans cette quête de l'infiniment petit, des formes géométriques particulières d'atomes de carbone ont été observées et sont porteuses de grands espoirs. La dernière découverte de 1991 attire l'attention des scientifiques. De quoi s'agit-il ? **Les nanotubes de carbone**

Les nanotubes de carbone sont une forme de structure cristalline du carbone proche des fullerènes. Ils sont un des premiers produits industriels du domaine des nanotechnologies.

Les fullerènes ont été découverts en 1985 par Harold Kroto, Robert Curl et Richard Smalley (ils ont obtenu collectivement le prix Nobel de chimie en 1996 pour leurs travaux sur les fullerènes).

En 1990, Wolfgang Kraetschmer et Don Huffman découvrent un procédé permettant de synthétiser des quantités importantes de fullerènes, permettant à la recherche de travailler sur des échantillons plus significatifs. Les nanotubes eux-mêmes ont été découverts en 1991 par [Sumio Iijima](#), dans un sous-produit de fullerènes.

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

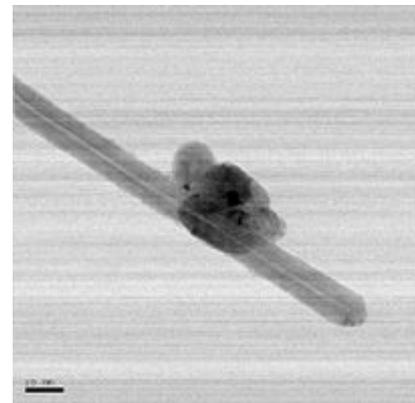


Image d'un bout de nanotube réalisé par un [microscope](#)

40 Ces formes géométriques donnent naissance à des structures présentant des propriétés mécaniques très supérieures à celle de l'acier. En effet, elles sont : **100 fois plus résistantes que l'acier et 6 fois plus légères**

Observés pour la première fois en 1991, les nanotubes se présentent comme des tubes creux concentriques séparés de 0,34 nanomètre (parfois il n'y a qu'un seul tube), avec un diamètre interne de l'ordre du nanomètre et une longueur de l'ordre de quelques micromètres. Ces structures allongées sont éventuellement fermées à leurs extrémités par des pentagones de carbone caractéristiques des fullerènes.

Un tel filament présente une résistance 100 fois supérieure à l'acier, pour un poids divisé par six, et cela avec une résistance peu commune aux hautes températures. Leur diamètre est de l'ordre du millionième de millimètre. Cette valeur est réellement difficile à appréhender pour l'esprit humain, mais pour la comprendre, il suffit de se dire qu'un nanotube de carbone d'une longueur équivalent à la distance Terre-Lune, enroulé sur lui-même, occuperait le volume qu'un pépin d'orange.