

I. Du crayon de papier aux nanotubes de carbones

- Le **graphite** est un matériau friable et glissant, le **diamant** est l'un des produits naturels les plus durs qui soient, et les **nanotubes de carbone** sont plus résistants que l'acier mais ont une masse volumique six fois moindre.
- Comment expliquer ces différences ? Par un arrangement différent des atomes de carbone dans l'espace : on dit que ces matériaux sont trois formes allotropiques du carbone.
- Dans le **graphite** (dont est composée la mine de crayon), les atomes de carbone sont liés entre eux par des liaisons covalentes dans seulement deux dimensions. Les atomes de carbone forment des plans d'hexagones (appelés feuillets de graphène) qui ne se sont liés entre eux que par des forces de Van der Waals attractives. Comme ces forces sont relativement faibles, les feuillets peuvent facilement glisser les uns sur les autres.
- Dans le **diamant**, chaque atome de carbone est lié à quatre autres atomes de carbone se plaçant aux sommets d'un tétraèdre régulier. Ceci crée un réseau à trois dimensions extrêmement solide.
- La structure des **nanotubes de carbone** peut se comprendre en imaginant que l'on a enroulé une feuille de graphène autour d'un cylindre. Suivant l'orientation des hexagones, on classe les nanotubes dans trois catégories : zigzag, chaise ou chiral. Cette structure leur confère des propriétés de résistance mécanique, de conduction électrique et de conduction thermique exceptionnelles : ils sont très résistants à la déformation, ils peuvent dans certains cas être d'excellents conducteurs électriques, ils présentent une conductivité thermique à température ambiante qui peut aller jusqu'à $6\,600\text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

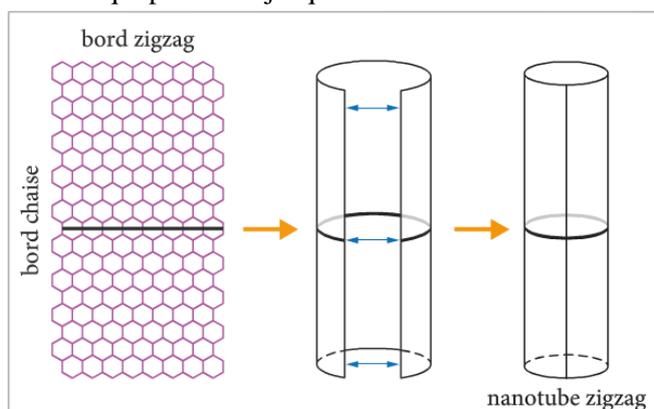
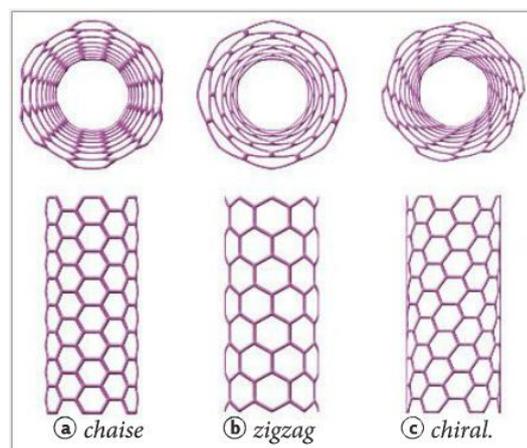
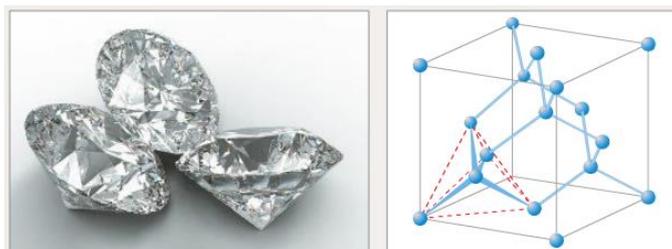
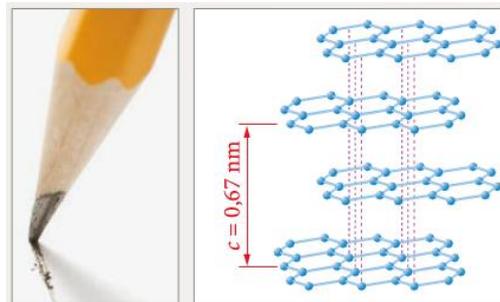


Figure 1 : Enroulement d'un feuillet de graphène pour former un nanotube de carbone

Distance en nm	
1	0,283
2	0,245
3	0,142

Distances interatomiques dans les feuillets graphitiques des nanotubes.

- Énergie molaire de liaison E_M : C'est l'énergie qu'il faut fournir pour rompre la liaison schématisée par --- d'une mole d'espèce chimique $A---B$ selon le processus : $A---B(g) \longrightarrow A(g) + B(g)$
Ordres de grandeur: E_M (liaison de Van der Waals) = $10\text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$; E_M (liaison covalente) = $400\text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$.

1. Extraire des informations

- Qu'est-ce qui différencie une liaison covalente d'une liaison de Van der Waals ?
- Pourquoi cela permet-il d'expliquer que le graphite est un matériau qui s'effrite facilement ?
- Qu'est-ce qui permet d'expliquer la grande solidité du diamant ?
- De combien de « voisins » un atome de carbone est-il entouré dans le diamant ? Donner sa représentation de Cram.
- Qu'est-ce qui différencie les nanotubes zigzag des nanotubes chaise ?

2. Interpréter et exploiter

- 2.1. De combien de « voisins » un atome de carbone est-il entouré dans un nanotube ? Respecte-t-il la règle de l'octet ?
- 2.2. En déduire une explication possible à la très grande conductivité électrique de certains nanotubes.

3. Effectuer un calcul et interpréter

- 3.1. En utilisant les données, calculer le périmètre p (en nm) du nanotube représenté sur la figure 1. En déduire son rayon r .
- 3.2. Calculer alors le volume V d'un tel nanotube d'une longueur $L = 1,0$ mm.
Donnée : volume d'un cylindre : $V = \pi r^2 L$
- On montre que ce nanotube comporte au total 8×10^7 atomes de carbone.
- 3.3. On sait qu'un cm^3 contient environ 8×10^{14} nanotubes. En déduire la masse volumique μ des nanotubes en $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$. **Données** : $M(\text{C}) = 12,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
- 3.4. La masse volumique de l'acier est de l'ordre de $7\,500 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$. La première phrase du texte est-elle justifiée ?
- 3.5. Quelle interprétation physique peut-on faire de la conductivité thermique d'un nanotube ?
- 3.6. Rechercher la valeur de la conductivité thermique de quelques matériaux courants (bois, acier, verre, fer, cuivre, ...).
- 3.7. En déduire quelle propriété exceptionnelle possède un nanotube de carbone.

4. Conclure

- 4.1. Citer les principales propriétés remarquables des nanotubes de carbone.
- 4.2. Imaginer quelles pourraient en être les applications pratiques.

II. Les verres autonettoyants

Document 1 : Le principe des verres autonettoyants

Le verre autonettoyant est un verre flotté ordinaire sur lequel on dépose lors de sa fabrication une couche photocatalytique spéciale à base de nanoparticules de dioxyde de titane (TiO_2) sur sa face extérieure. L'oxyde de titane absorbe les rayons ultraviolets mais pas le visible (TiO_2 est blanc) ; cette excitation rend alors possible l'oxydation progressive des salissures organiques qui se détachent du verre.

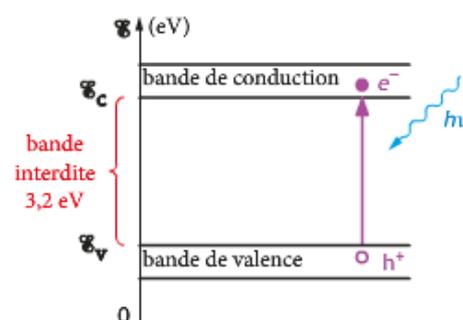
Ce type de verre a aussi des propriétés hydrophiles qui font que l'eau, tombant sur la plaque de verre, lave le verre, au lieu de le laisser sale comme un verre ordinaire. En effet, l'eau constitue progressivement un film qui, par gravité, finit par glisser le long du verre en le lavant. Sur un verre traditionnel, les gouttes d'eau, surtout s'il y en a peu, restent sur le verre et s'évaporent, laissant en général des traces.

La combinaison de ces deux effets, laisse le verre à couches plus propre qu'un verre ordinaire pour une période significativement longue, spécialement si les conditions sont favorables (ensoleillement et pluie).

D'après André Gilles, Bulletin de l'Union des Physiciens n°884.

Document 2 : Mode d'action du dioxyde de titane

- Le dioxyde de titane TiO_2 est un semi-conducteur. L'énergie de sa « bande interdite » est de 3,2 eV, ce qui signifie qu'un photon d'énergie au moins égale à cette valeur peut créer une paire de porteurs de charges électriques mobiles: un électron et un « trou ». Un « trou » (noté h^+) est une lacune électronique (c'est-à-dire un manque d'électrons) de charge positive.
- Ces porteurs de charges migrent à la surface du semi-conducteur et forment des radicaux par interaction avec des molécules d'eau et d'oxygène de l'atmosphère. Les radicaux ainsi créés vont dégrader activement les salissures organiques en dioxyde de carbone et en eau par suite de réactions d'oxydoréduction.



Document 3 : Qu'est-ce qu'un radical ?

- Un radical (souvent appelé radical libre) est une espèce chimique possédant un ou plusieurs électrons non appariés sur sa couche externe, appelés électrons célibataires. La présence d'un électron célibataire (noté par un point) leur confère une grande instabilité (elles ne respectent pas la règle de l'octet), ce qui signifie qu'elles ont la possibilité de réagir avec de nombreuses espèces chimiques.

Questions

- A l'aide des documents présentés ci-dessus, on cherche à mettre en évidence le rôle du dioxyde de titane dans le fonctionnement des verres autonettoyants.
 - Données** : constante de Planck : $h = 6,63 \times 10^{-34}$ J.s ; $c = 3,0 \times 10^8$ m.s⁻¹ ; Électronvolt : $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19}$ J
- En vous aidant du document 2 et de vos connaissances, calculer la longueur d'onde λ des photons qui permettent de créer une paire électron-trou. Quelle est la nature de ce type de radiation ?
 - En vous aidant des documents 1,2 et 3, expliquer en quelques phrases le mode d'action du dioxyde de titane sur les salissures.
 - Quels sont les deux éléments extérieurs indispensables au bon fonctionnement d'un verre autonettoyant ?
 - A votre avis, un verre autonettoyant peut-il fonctionner en l'absence de soleil direct (en cas de temps nuageux par exemple) ?
 - La face intérieure du verre est-elle autonettoyante? Justifier.