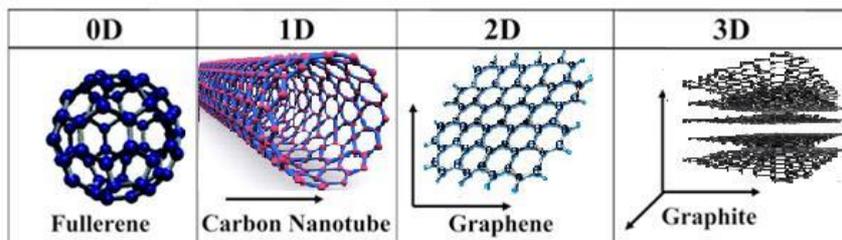


Le groupe du carbone



Les éléments du groupe du carbone (configuration électronique ns^2np^2) ont un caractère métallique de plus en plus marqué en descendant dans le tableau périodique : le carbone est un non-métal, le silicium et le germanium sont des métalloïdes, l'étain et le plomb sont des métaux

	1	2		13	14	15	16	17	18
	H								He
	Li	Be		B	C	N	O	F	Ne
	Na	Mg		Al	Si	P	S	Cl	Ar
	K	Ca	d-block	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
	Rb	Sr		In	Sn	Sb	Te	I	Xe
	Cs	Ba		Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
	Fr	Ra							

Le C, Si, Ge ont une coordination 4, forment des composés covalents. Au contraire du carbone, qui ne possède pas d'orbitales d disponibles, les autres membres du groupe peuvent encore capter deux autres atomes pour former des complexes octaédriques (coordination 6).

Le carbone est un élément très peu abondant dans l'écorce terrestre, où il est classé 19^{ème} (0,2% en masse).

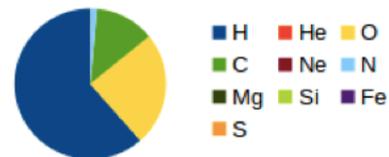
Le tableau ci-dessous fait apparaître l'abondance relative des principaux éléments chimiques (en % d'atomes) dans certains « objets » de notre environnement :

Élément chimique	univers	soleil	Croûte terrestre	atmosphère terrestre	Eau de mer	Corps humain	végétaux
H	90	93	0,22		66	61	47,9
O	0,10	0,06	47	21	33	24,1	21,9
C	0,06	0,04	0,19	0,0015	0,0014	12,6	27,9
Mg	0,005	0,004	2,2		0,033	0,008	0,13
Si	0,005	0,005	28				
Fe	0,004	0,003	4,5				

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 (CO₂) avec leur milieu extérieur, composé de l'ADN) et à la synthèse de très nombreuses molécules dans l'industrie chimique.

Composition relative du corps humain



État naturel et obtention et applications:

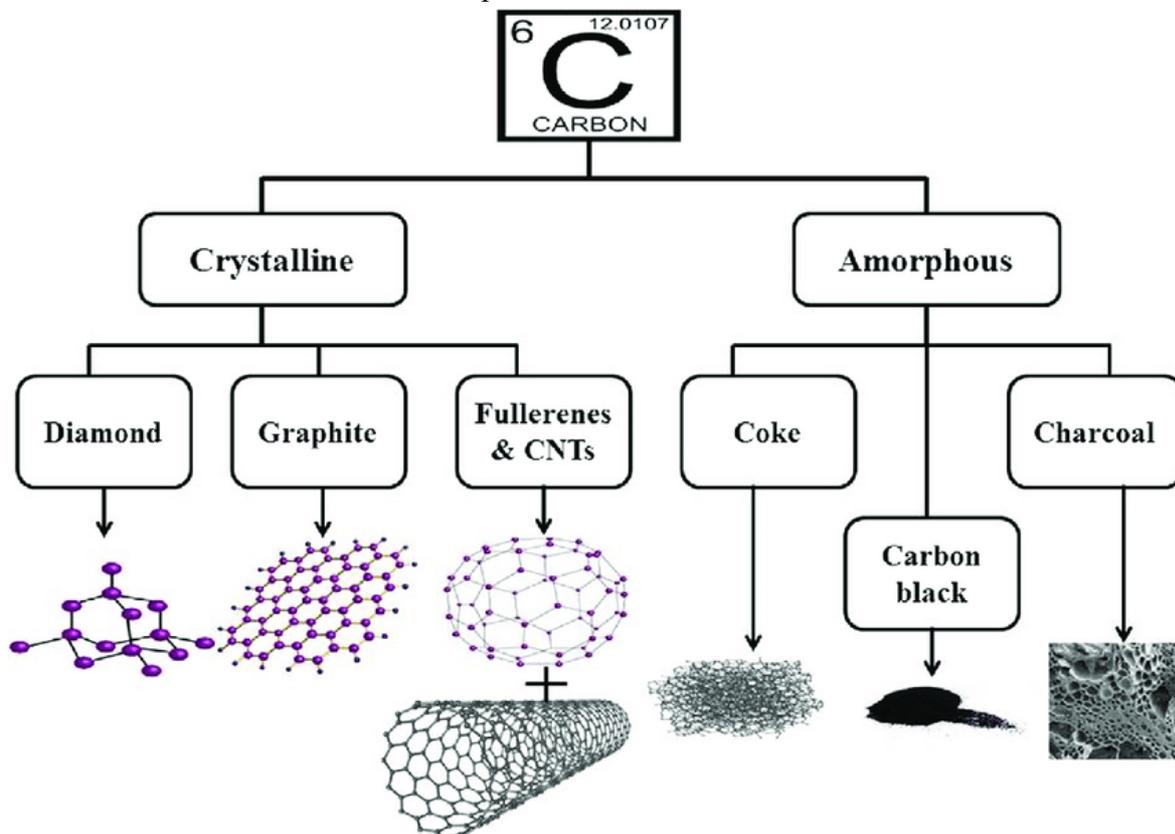
Le nom carbone vient du latin carbo, carbōnis (« charbon »), Il est présent sur Terre à l'état de corps simple (*charbon* et *diamants*), de composés inorganiques (CO₂) et de composés organiques (pétrole et gaz naturel). De nombreuses structures basées sur le carbone ont également été synthétisées : *charbon actif*, *noir de carbone*, *fibres de carbone*, *nanotubes*, *fullerènes* et *le graphène*.

le **graphite** et le **diamant** sont extraites des mines

Coke (charbon) : obtenu par pyrolyse(traitement thermique sans O₂) de la houille.

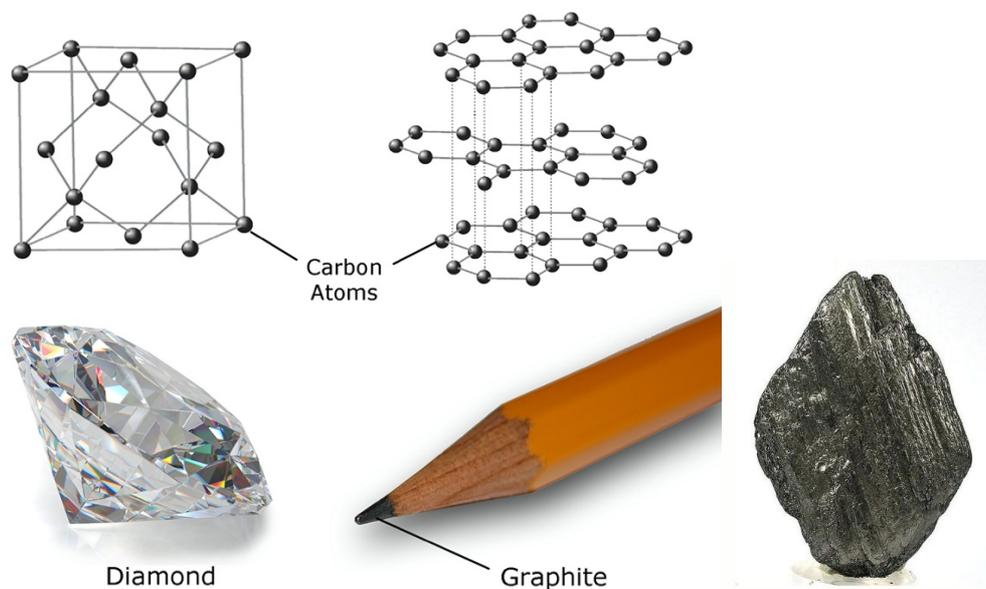
Noir de carbone : obtenu par combustion incomplète des hydrocarbure (produit par l'industrie de la pétrochimie).

Les allotropes amorphes du carbone sont utilisés comme sources d'énergie thermique et matériaux adsorbants à des fins de séparation.



En 1772, *Antoine Lavoisier* étudie la combustion de charbon et de diamants, il constate la formation quantitative de dioxyde de carbone mais ne détecte pas la formation d'eau. Il prouve ainsi que ces deux matériaux sont formés uniquement de carbone.

Jusqu'en 1985, le carbone n'était essentiellement connu que sous deux formes allotropiques cristallines distinctes : **le graphite et le diamant** : deux minéraux aux propriétés différentes. L'arrangement des atomes au sein de la structure dépend des conditions de pression et de température dans lesquelles le minéral s'est formé. Le diamant a besoin d'une pression énorme pour cristalliser alors qu'à faible pression le carbone cristallise sous forme de graphite.



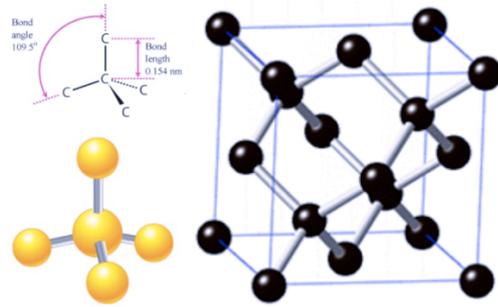
Nous avons tout d'abord le graphite, que l'on a tous dans nos mines de crayon de papier qui est formé en fait d'atomes de carbone (**hybridé sp^2**) liés chacun à trois autres atomes de carbone (géométrie **trigonale** avec une **distance de 1.42 Å**) qui vont former des hexagones condensés les uns sur les autres et qui vont ainsi donner des plans appelés plans de graphène. Le graphite est en fait un empilement de ces différents plans de graphène **bidimensionnels 2D**.

En ce qui concerne le diamant que nous connaissons tous, chaque atome de carbone (**hybridé sp^3**) est lié à quatre autres atomes de carbone formant un **tétraèdre**. La structure ainsi formée va se répliquer jusqu'à former donc un cristal de diamant **tridimensionnel 3D**.

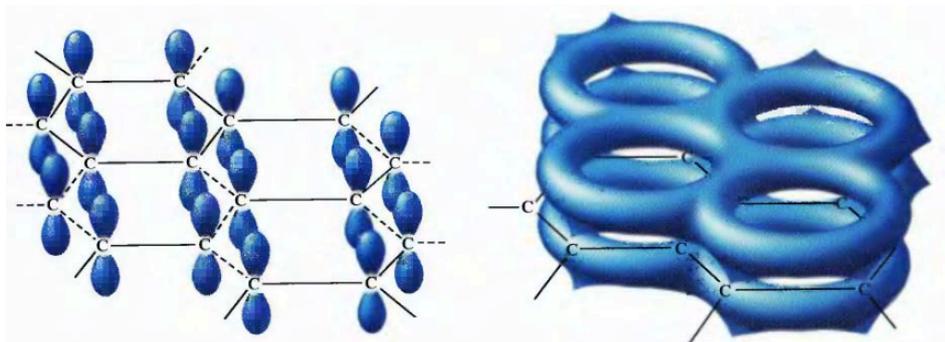
Propriétés physiques du diamant et du graphite

	<i>Syst. cristallin</i>	<i>Transparence</i>	<i>Indice réfraction</i>	<i>Poids sp.</i>	<i>Dureté</i>
<i>diamant</i>	<i>cubique</i>	<i>transparent</i>	<i>2.42</i>	<i>3.5</i>	<i>10</i>
<i>graphite</i>	<i>hexagonal</i>	<i>opaque</i>	<i>—</i>	<i>2.2</i>	<i>1</i>

La structure cubique du diamant est très compacte. La distance entre chaque atome n'est que de 1.544 Å. Cela donne à l'ensemble une très forte cohésion. La dureté du diamant est 10, c'est la dureté la plus élevée de tous les minéraux. *Ce qui explique son utilisation en industrie dans les outils de coupe et les abrasifs.*



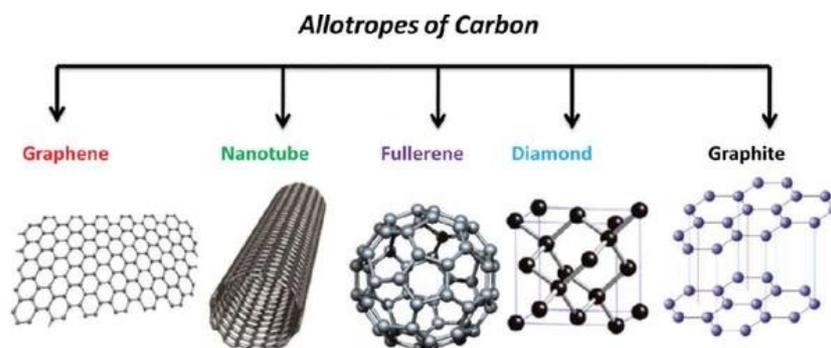
La structure du graphite est constituée d'un empilement de couches avec une structure hexagonale en "nids d'abeilles", séparées les unes des autres par une distance de 3.35 Å. La liaison entre 2 couches est très faible "van der Waals". Cela explique la très faible dureté du graphite. Cet arrangement permet aux différentes couches de glisser facilement les unes par rapport aux autres, ce qui explique son utilisation comme **lubrifiant** dans les serrures. La **mine des crayons**, appelée autrefois "mine de plomb", est en fait du graphite.



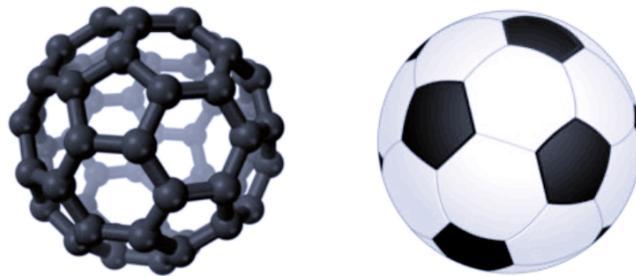
Contrairement au diamant, la présence de liaisons π conjuguées (électrons délocalisés) permet d'expliquer la conductibilité électrique du graphite. Ses propriétés thermiques et électriques font que le graphite est utilisé dans les **batteries** et les **piles à combustible**.

Ces propriétés physiques parfois opposées, pour des matériaux composés du même type d'atome, reflètent des structures cristallines différentes.

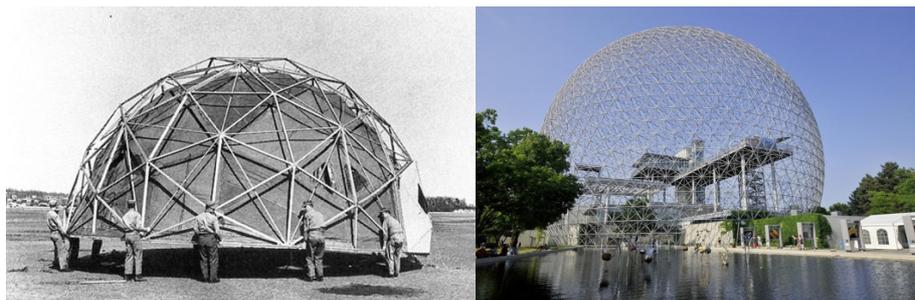
Le diamant (3,5 g/cm³) peut être fabriqué à partir du graphite (2,2 g/cm³) : soumettre le graphite à de très fortes pressions 70 kbar à 2800°C. (ce procédé est possible mais économiquement pas intéressant).



En 1985, Kroto, Curl et Smalley (Nobel 1996) ont mis en évidence de nouveaux allotropes du carbone (les fullerènes), ayant des propriétés géométriques remarquables. Depuis, le bestiaire des formes du carbone s'est encore enrichi des nanotubes.



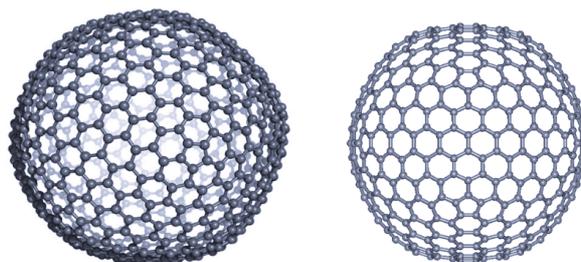
Les fullerènes C60 sont des molécules singulières, elles conservent une très haute symétrie malgré le nombre important d'atomes qui les composent. Un C60 présente donc 32 faces se répartissant en 12 pentagones et 20 hexagones, exactement comme un ballon de football. Cette structure particulière a inspiré le nom de la molécule, qui a été baptisée fullerène en hommage à l'architecte Richard Buckminster Fuller, concepteur du dôme géodésique lors de l'exposition universelle de Montréal en 1967.



dôme géodésique de l'architecte Richard Buckminster Fuller

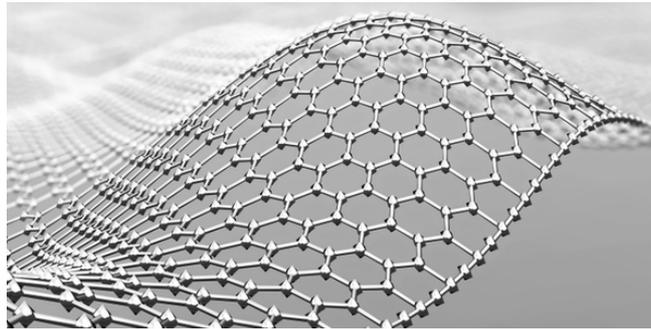
D'autres structures moléculaires en cage de carbone furent synthétisées et portent aussi le nom de fullerènes. On trouve parmi celles-ci le fullerène C70, le fullerène C84, etc..

Les propriétés des fullerènes ont été étudiées en vue d'une utilisation potentielle en médecine, en tant qu'agents antimicrobiens activés par la lumière, pour leur résistance à la chaleur, pour leur supraconductivité et pour leur biocompatibilité. Les nanomatériaux à base de fullerène ont été utilisés dans des dispositifs photovoltaïques, des dispositifs biomédicaux, des piles à combustible



Structure des fullerènes C720 et C540.

Le graphène



Souvent qualifié de « **matériau miracle ou révolutionnaire**», le graphène est à ce jour le matériau le plus résistant et le plus fin au monde, parmi les plus légers découverts à ce jour. Composé de carbone, il a été **isolé la première fois en 2004** par le Andre Geim et Konstantin Novoselov, ce qui leur a valu en **2010 le prix Nobel** de physique.

Le graphène, connu pour ses propriétés remarquables, que ce soit **mécanique, thermique et électrique**, fait l'objet de recherches pour la fabrication de **capteurs** de très haute sensibilité, de **dispositifs électroniques souples**, notamment pour les **voitures, avions, satellites**.

Il stocke très facilement l'énergie, ce qui en fait un matériau de choix pour les **batteries** : le graphène est aussi un bon conducteur thermique, ce qui limite la montée en température des batteries en dissipant de la chaleur.

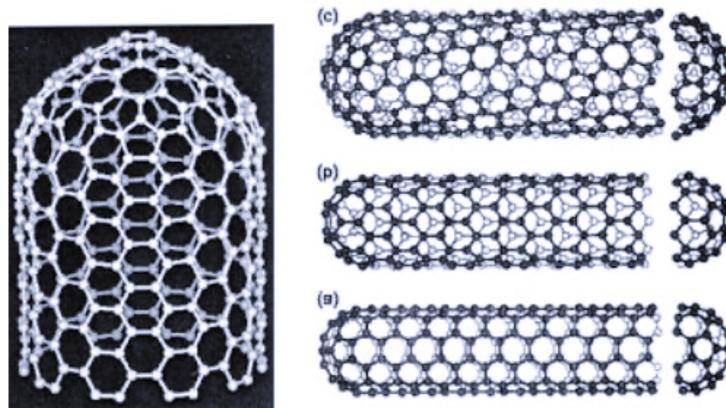
À l'échelle industrielle, il existe déjà une batterie externe affichant une recharge complète d'un téléphone portable en 15 minutes. Dans un tout autre domaine, Mercedes travaille sur un prototype de voiture avec une batterie composée d'électrodes en graphène, annoncée avec une autonomie de 700 kilomètres pour une recharge de 15 minutes ; à l'heure actuelle, ces valeurs semblent surprenantes à première vue, surtout pour des véhicules électriques nécessitant des batteries à capacité de stockage

hallucinantes propriétés du graphène 200 fois plus résistant que l'acier mais 6 fois plus léger (une feuille de 1 gramme de graphène peut couvrir une surface équivalente à la moitié d'un terrain de rugby), 50 fois plus conducteur que le cuivre tout en générant 40 fois moins de chaleur.

Ce matériau a déjà pu faire ses preuves dans le milieu industriel. Cependant, les recherches en cours permettent de découvrir chaque année de nouveaux champs d'applications possibles. En parallèle, des méthodes de synthèses se développent constamment pour réduire le prix du graphène au kilogramme et permettre l'obtention d'un matériau de meilleure qualité.



Les nanotubes



Un modèle structural d'une variété de nanotubes.

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 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 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.

