

Le carbone

- **Propriétés** de cet **atome** **essentiel à la vie**, base de la « **chimie organique** »
- Liens avec ses **propriétés chimiques et biologiques**, liens avec **la vie**

Notions utilisées :

1. Introduction
2. Structure de la matière

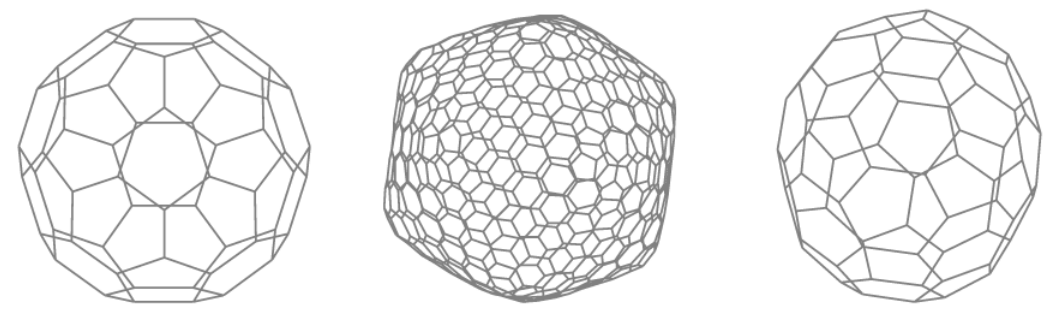
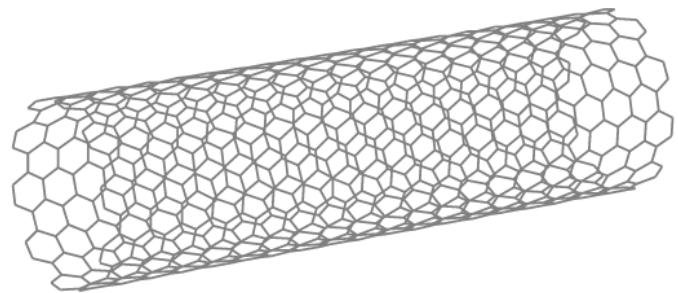
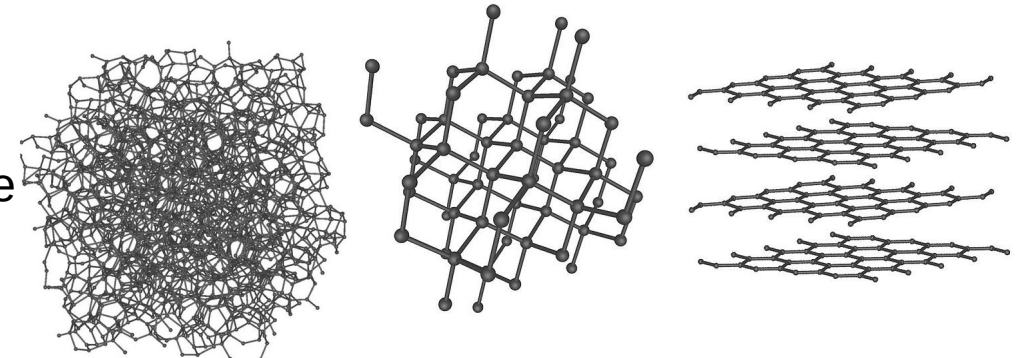


<https://lesvoitures.fr/bugatti-chiron-geneve-2017-carbone/>

Formes allotropiques



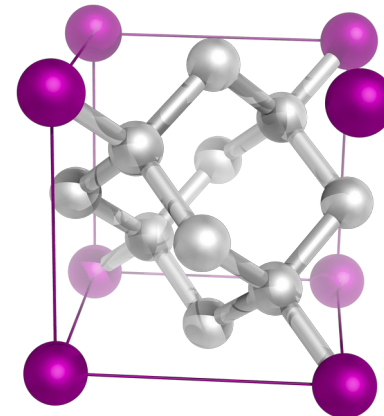
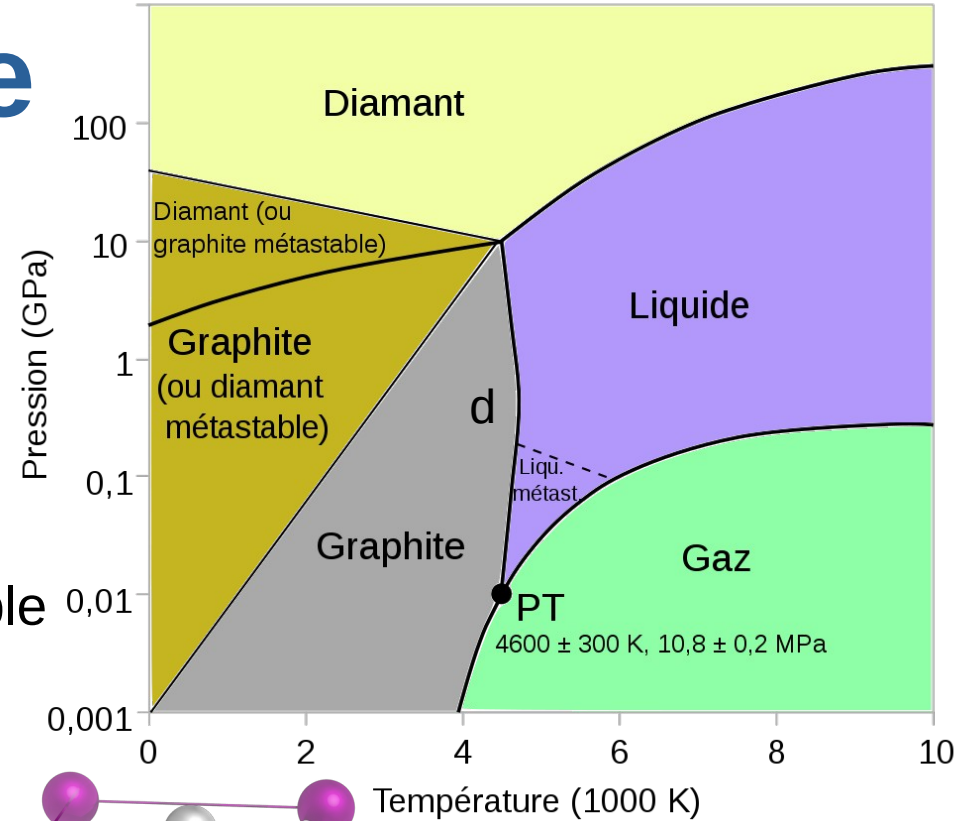
- **allotropie** : faculté de certains corps simples d'exister sous plusieurs formes cristallines différentes
- Présentes naturellement à l'état solide :
 - **Amorphe**
 - **Cristallines** : graphite, diamant, lonsdaléite
- Synthétiques :
 - **Fullérènes** (prix Nobel de chimie 1996)
 - **Nanotubes**
 - **Graphène** (prix Nobel de physique 2010)



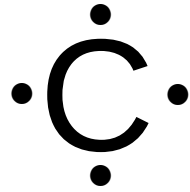
C₆₀ (« footballène »), C₅₄₀, C₇₀

Diagramme de phase

- Diamant stable à haute pression mais **métastable** à pression atmosphérique
 - le diamant métastable se transforme **très lentement** vers l'état **stable graphite** dans les prévalant à la surface de la Terre (**CNTP** = conditions normales de Tp et de pression)
- Transformation **trop lente** pour être observable
 - Un diamant n'est pas vraiment éternel...



Structure électronique de l'atome

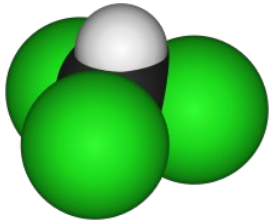


1	Hydrogène 1 H 1,007975						Hélium 2 He 4,002602	
2	Lithium 3 Li 6,9395	Béryllium 4 Be 9,0121831	Bore 5 B 10,8135	Carbone 6 C 12,0106	Azote 7 N 14,006855	Oxygène 8 O 15,99940	Fluor 9 F 18,99840316	Néon 10 Ne 20,1797 (6)

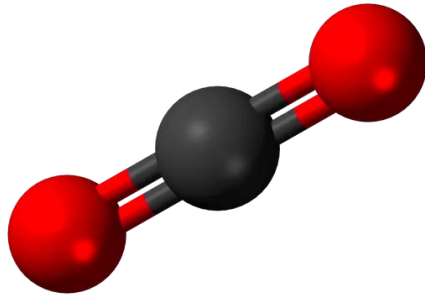
6 protons et 6 électrons,
dont 4 sur la couche externe

Peut établir 4 liaisons
« **covalentes** »

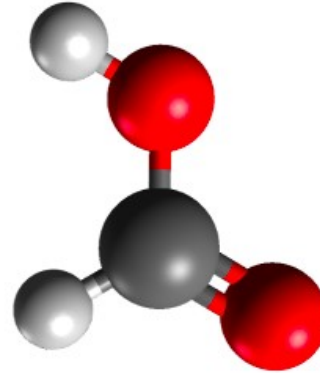
Il est « **tétravalent** » (théorie de
Friedrich August Kekulé en 1858)



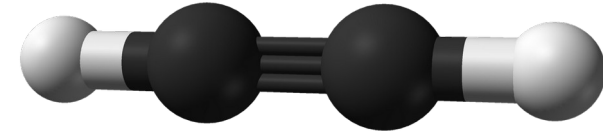
Chloroforme ou
trichlorométhane
(CHCl_3)



Dioxyde de carbone
(CO_2)

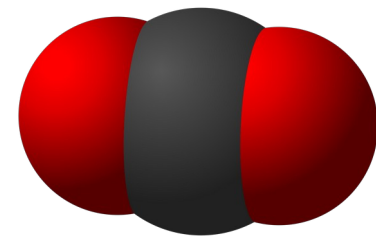


Acide méthanoïque / formique
 CH_2O_2



Éthyne/acétylène
(C_2H_2)

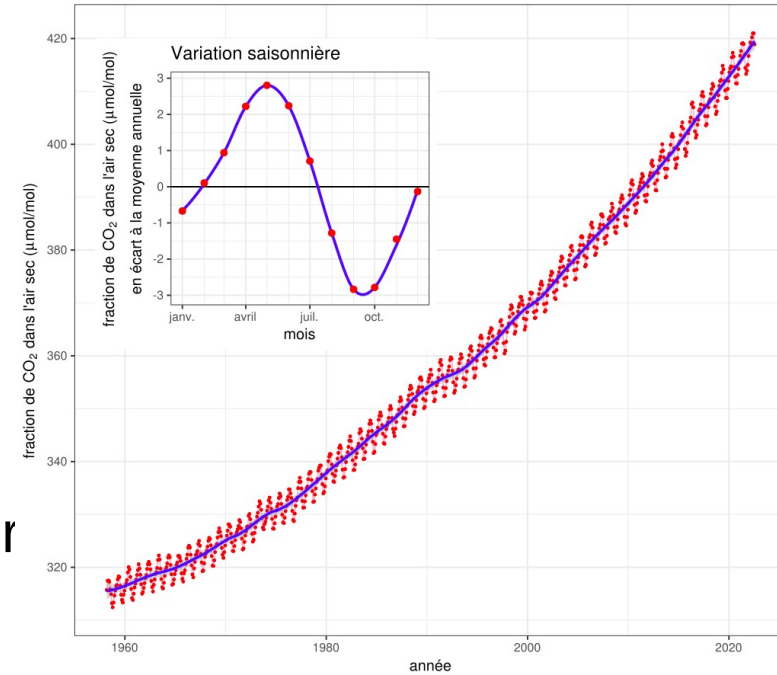
Le CO₂



- Gaz incolore, inodore, à la saveur piquante
- Taux actuel dans l'air : environ 420 ppm (0,04%)
- Valeur limite d'exposition : ~ 3 % sur une durée de quinze minutes
 - Symptômes de l'**hypercapnie** : hyperventilation / essoufflement, céphalées
- Gaz à **effet de serre** (absorbe une partie du rayonnement (ré)émis par la surface de la Terre)
- Utilisé lors de la **photosynthèse** pour synthétiser de la matière organique / création d'O₂

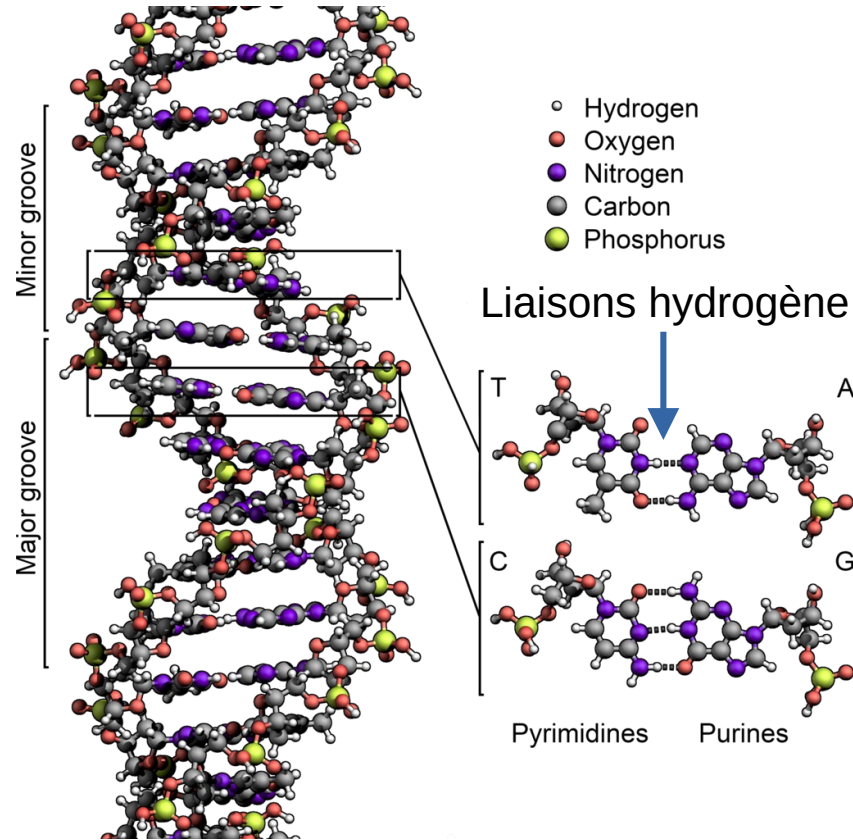


Moyenne mensuelle de la concentration de CO₂
Mauna Loa 1958 - 2022



données : Dr Pieter Tans, NOAA/ESRL (<https://gml.noaa.gov/cggb/trends/>) et
Dr. Ralph Keeling, Scripps Institution of Oceanography (<https://scrippsco2.ucsd.edu/>). Accédé le 2022-06-15
<https://www.wiki/4ZWh>

L'ADN



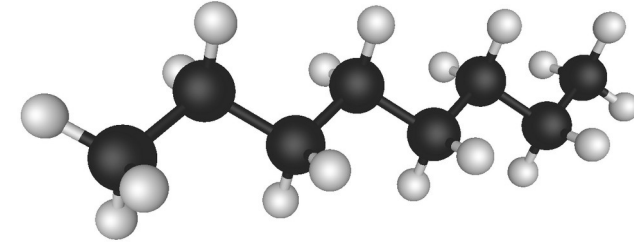
Diamètre = 2×10^{-9} m

Chromosome 1 : L = 7×10^{-2} m

- Pour « **acide désoxyribonucléique** »
 - ARN = « **acide ribonucléique** » (A, U, G, C)
- Macro-molécule contenant **toute l'information génétique** (le **génom**e) permettant le développement, le fonctionnement et la reproduction des êtres vivants
- Constitué d'un squelette en carbone
 - Comme tous les composés « **organiques** »
- → **chimie organique**

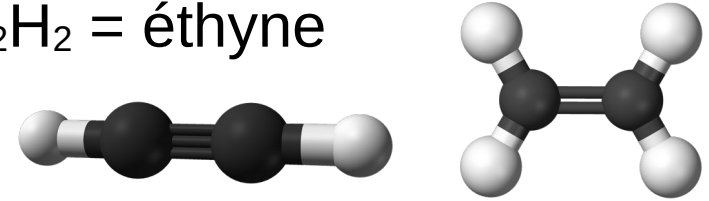
Les hydrocarbures

- Composés organiques constitués exclusivement d'atomes de carbone (C) et d'hydrogène (H) : formule C_nH_m



- Exemples : CH_4 = méthane, C_3H_8 = propane, C_4H_{10} = butane, C_7H_{16} = heptane, C_8H_{18} = octane, C_2H_4 = éth(yl)ène, C_2H_2 = éthyne

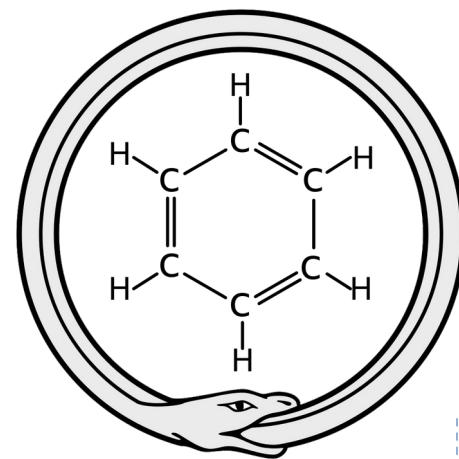
- Carburants :



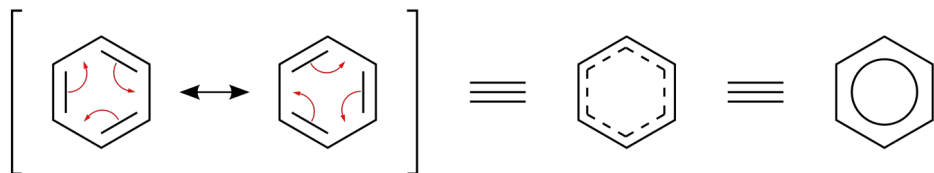
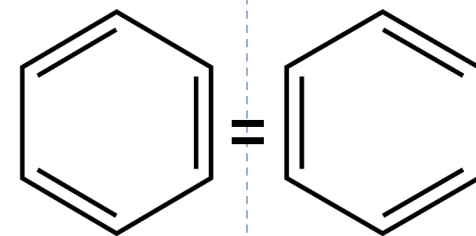
- **Indice d'octane** \neq pourcentage d'octane : mesure la résistance à l'auto-allumage (allumage sans intervention de la bougie) d'un carburant
- Diesel : 75 % d'hydrocarbures **saturés** et 25 % d'hydrocarbures **aromatiques**
- Essence : alcanes, cycloalcanes, alcènes, hydrocarbures aromatiques
- Énergie : diesel, kérosène, essence \sim 40 MJ/kg, bois : 15 MJ/kg

Le benzène

L' « **ouroboros** »,
serpent mythologique
qui aurait inspiré F.A.
Kekulé par un rêve



- Formule brute C_6H_6
 - Chaque atome de carbone est lié à 1 H et 2 C (une simple et une double liaisons)
- Mais symétrie :
 - où sont la simple et la double liaisons ?



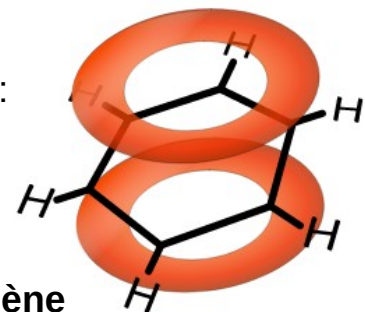
« **Mésomerie** »

En réalité, **pas de simple/double liaisons** :
6 liaisons simples et

6 électrons « **délocalisés** », c'est-à-dire
« partagés » entre les 6 carbones

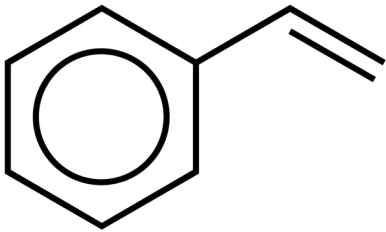
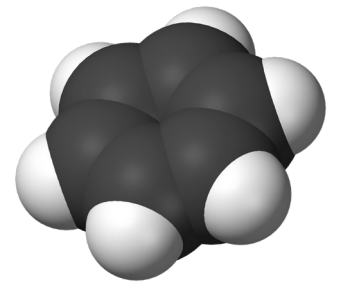
(**Hybridation sp^2**)

Préfigure la structure électronique du graphène

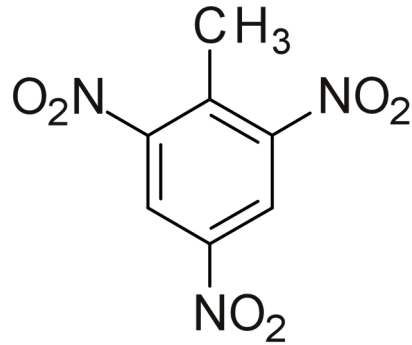


Les composés aromatiques

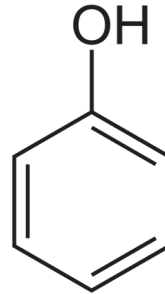
(= composés à base de benzène)



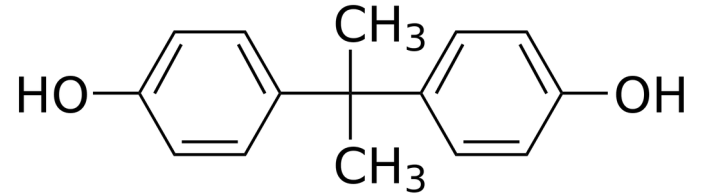
Styrène → polystyrène



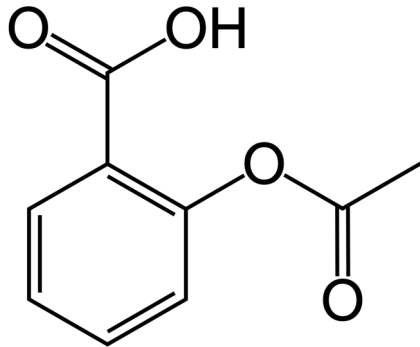
Trinitrotoluène (TNT)



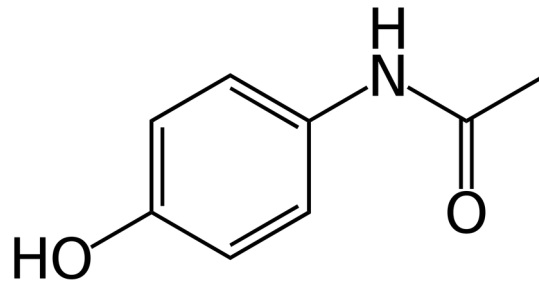
Phénol



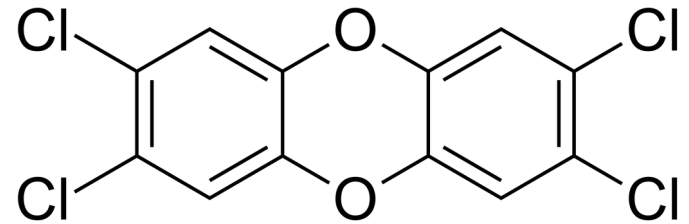
Bisphenol A
(substance « extrêmement préoccupante » depuis 2017)



Acide acétylsalicylique
(aspirine)



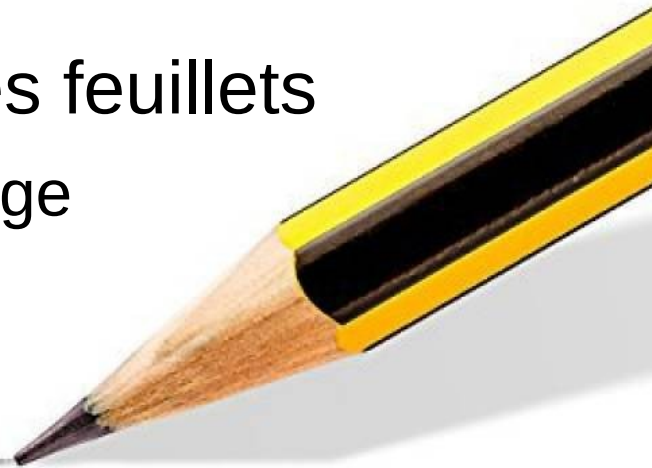
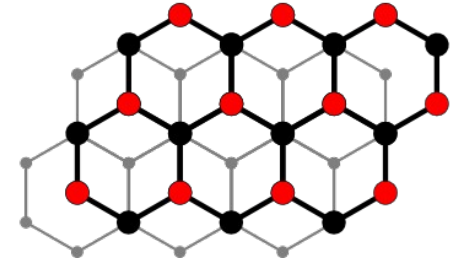
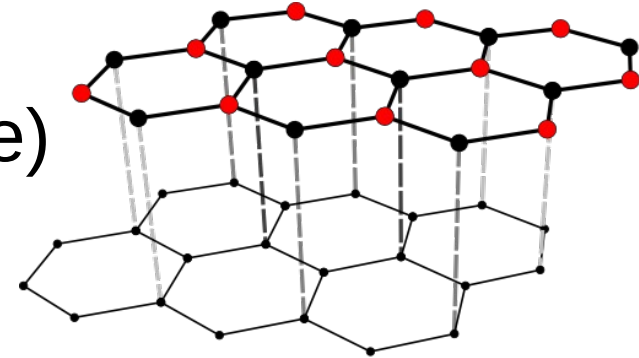
Paracétamol



Dioxine de Seveso

Le graphite

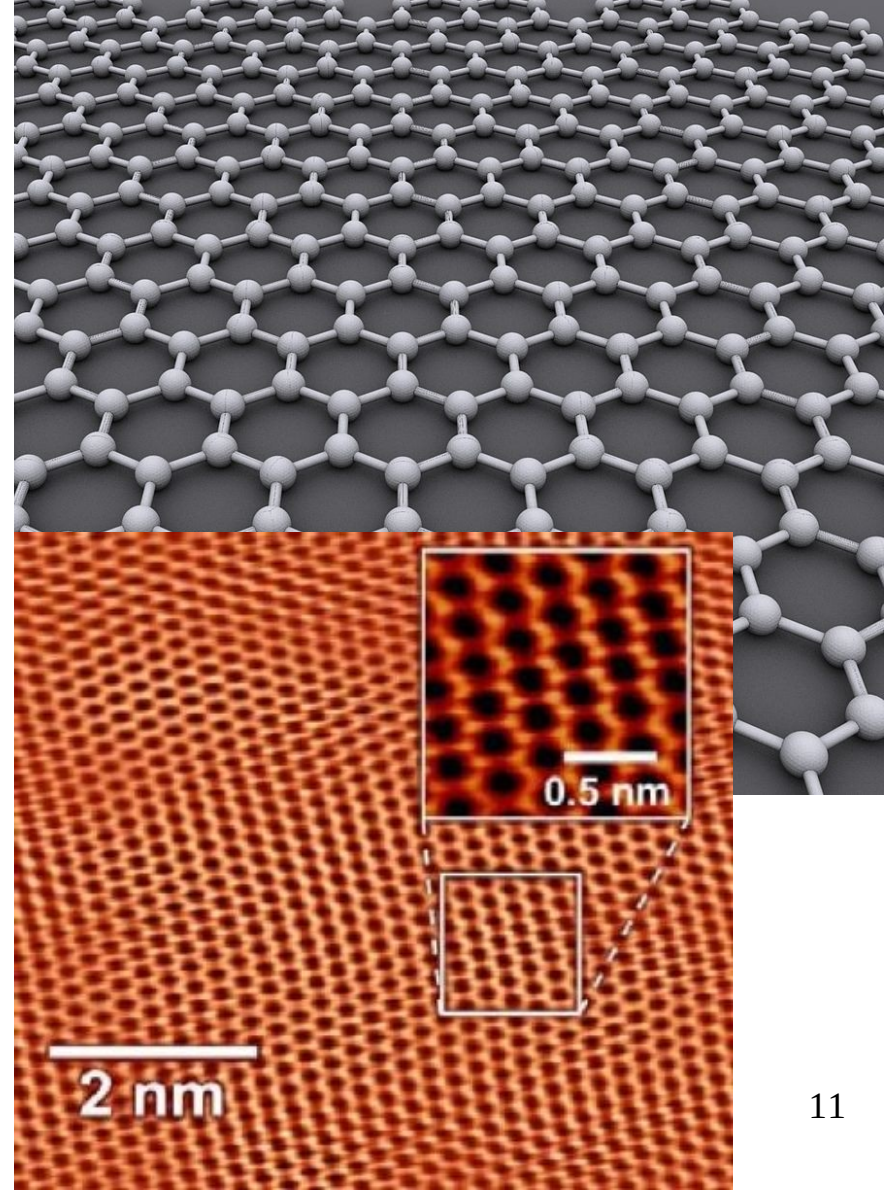
- Terme « graphite » inventé en 1789, inspiré du grec γράφειν (graphein = écrire)
- Empilement de **feuillet**s de **graphène**
 - séparés de 0,336 nm le long de la direction de leur normale.
- **Liaison faible** entre les feuillets
 - faible dureté et clivage



Le graphène

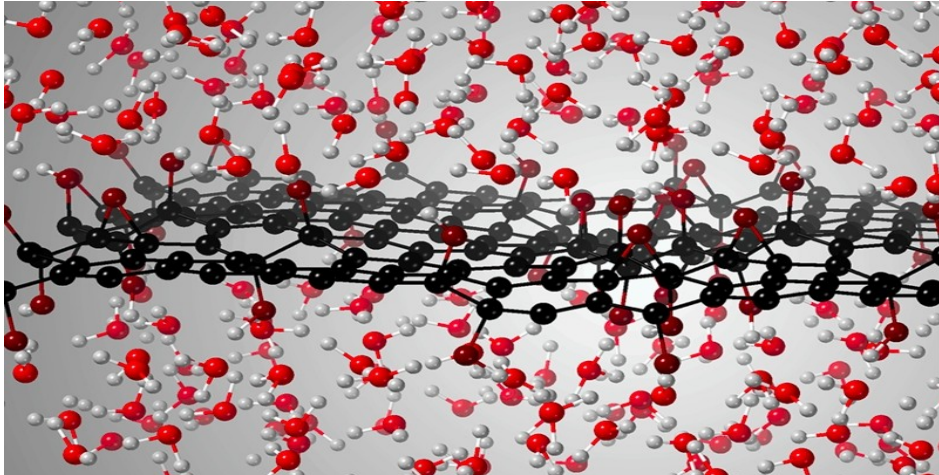
- Forme **allotropique** du carbone
- Matériau **bidimensionnel cristallin** (couche **mono-atomique**)
- Structure électronique proche du benzène (**électrons « délocalisés »**)
- Isolé en 2004 (prix Nobel de physique en 2010)
- Propriétés :
 - Transparent
 - Très flexible
 - Très léger
 - Très résistant (matériau le plus résistant connu)
 - Très bonnes conductivités thermique et électrique

Image de graphène par Microscope à Force Atomique (AFM) :
<https://www.matierevolution.fr/spip.php?article2028>

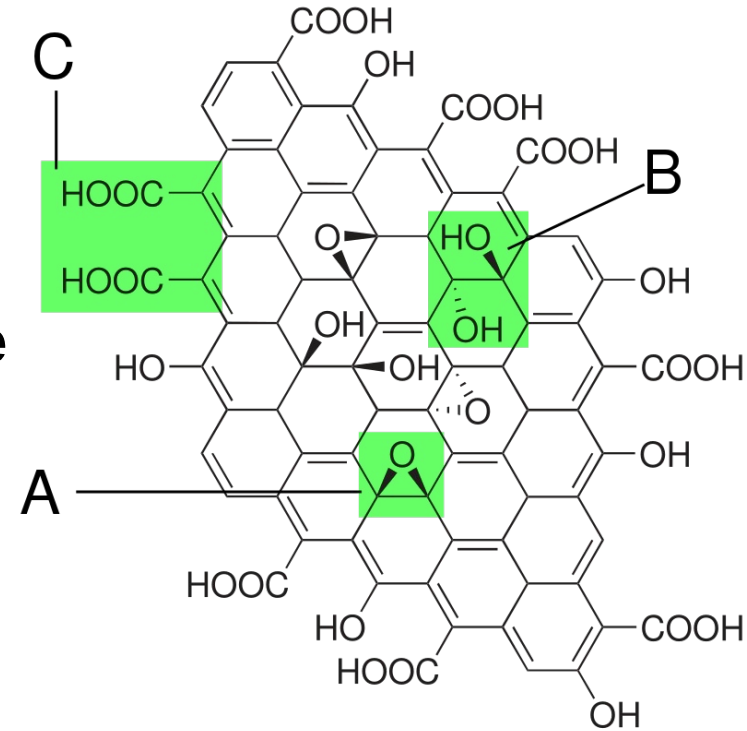


Oxydes de graphite et de graphène

- L'**oxyde de graphite** = composé solide obtenu en « **oxydant** » le graphite
 - (oxyder = prendre des électrons)
- se disperse dans les solutions basiques sous forme de couches **mono-moléculaires d'oxyde de graphène**



Oxyde de graphène dans de l'eau liquide



Structure proposée en 1998
Groupes fonctionnels : ponts époxy (A), groupes hydroxyle (B) et groupes carboxyle par paires (C)

Applications du graphène

- Un des matériaux les plus étudiés depuis 2010
- Electricité
 - Propriétés **semi-conductrices** meilleures que le silicium
 - Batteries : plus grande durée de vie, charge plus rapide
 - Panneaux solaires
- Filtrage de l'eau
 - Filière nucléaire : purification des solutions radioactives
- Vêtements : isolation thermique
- Matériel sportif : raquettes de tennis, casques, ...



graphene-info.com/graphene-applications

Graphène et santé

- Médecine (une fois « **fonctionnalis**é »)
 - permet d'apporter **sélectivement** la chimiothérapie aux cellules cancéreuses
 - permet d'apporter des gènes **au cœur des cellules**
- Mesures **non invasives** du taux de glucose sanguin
- Mesures de l'activité électrique du cerveau (épilepsie)
- Dialyse : filtrage du sang
- ...



Croix serpentine, 14
Mont Nebo, Jordanie

Polémiques autour du graphène, du SARS-CoV-2 et des ondes électromagnétiques (5G)

Pas de réponse définitive aujourd'hui... 2 camps opposés

- La majorité de la presse
 - Agences de presse : Reuters, AFP
 - « Fact-checking » : Conspiracy Watch, Libération, Le Monde, France 24, ...
 - The Times
- Présence dans les masques / vaccins :
 - Karen Kingston, ancienne employée de Pfizer (vaccins)
 - France Info (masques)
 - Gvts : Canada, France, ...
 - Toxicité du graphène
 - BioMed Research International
 - Particle and Fiber Toxicology
 - Laurent Aventin
 - Dr José Luis Sevillano



Pasteur



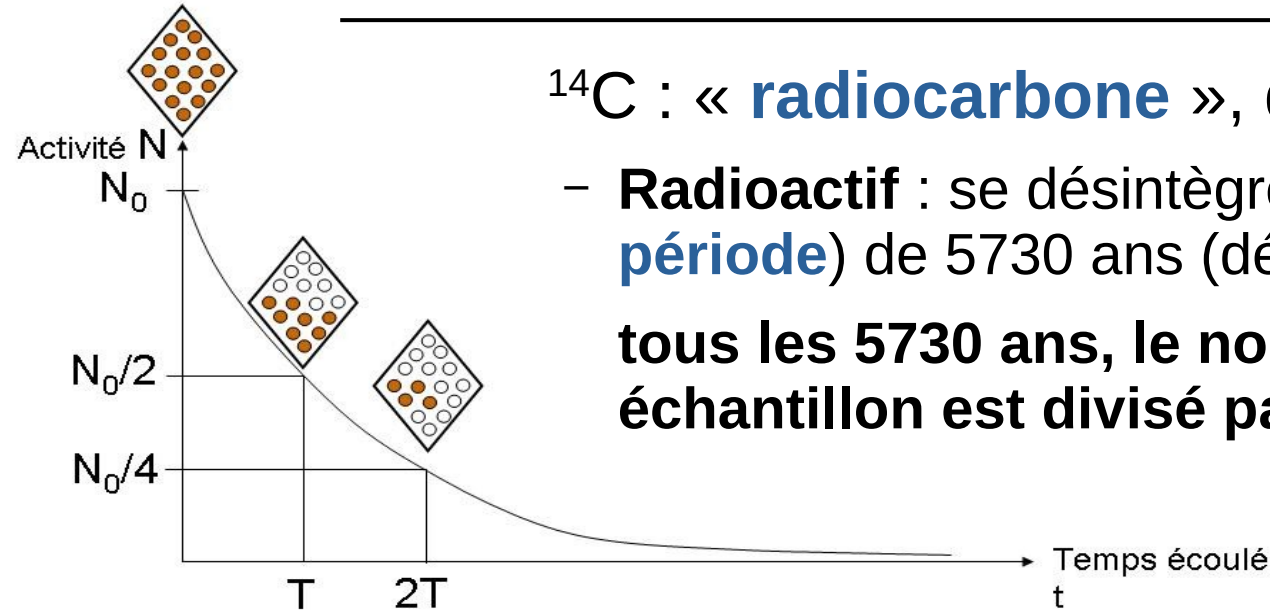
Les isotopes du carbone

- Rappel

- $Z = 6$ = nombre de **protons/électrons** = nature de l'atome
- N = nombre de **neutrons**

Nombre de masse
 $A = Z + N$

- $8 < A < 22$ ($2 < N < 16$), soit 15 isotopes : ${}^8\text{C}$, ${}^9\text{C}$, ..., ${}^{22}\text{C}$
- Les plus répandus : ${}^{12}\text{C}$ (99%), ${}^{13}\text{C}$ (1%), ${}^{14}\text{C}$ (traces)



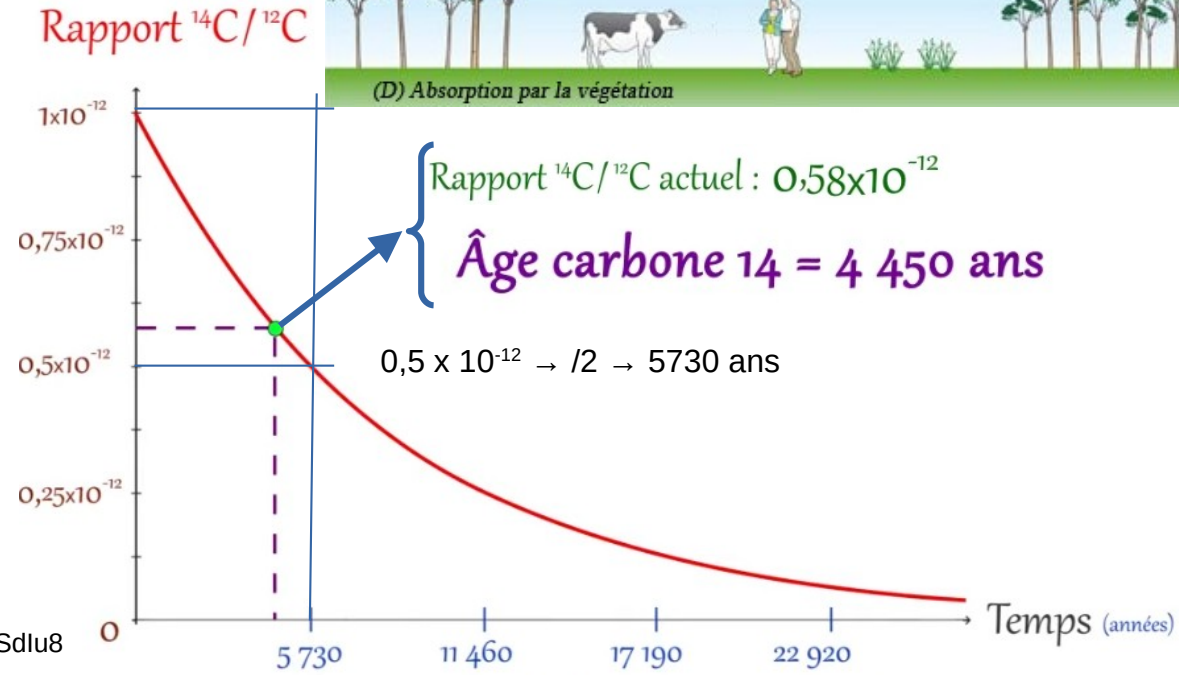
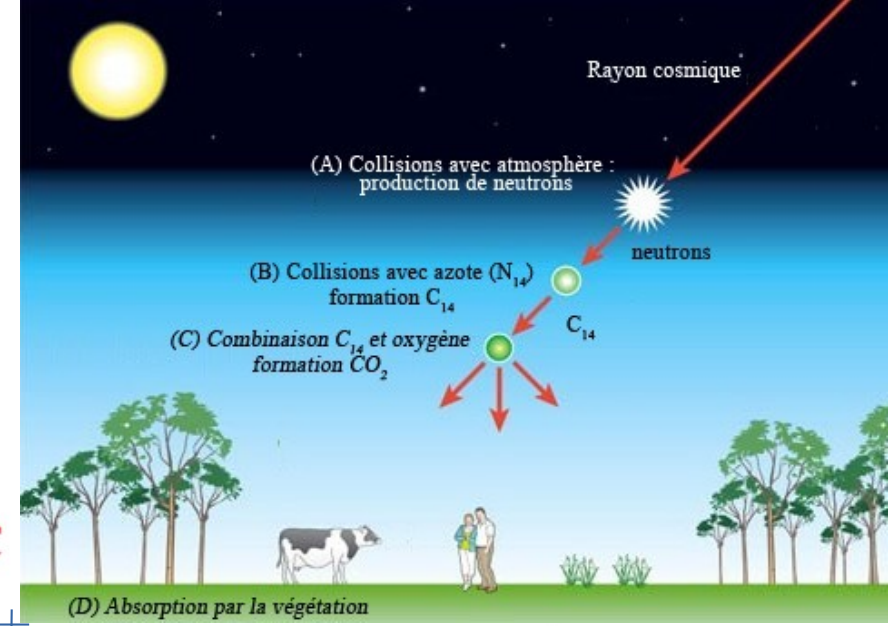
${}^{14}\text{C}$: « **radiocarbone** », découvert en 1940

- **Radioactif** : se désintègre avec une « **demi-vie** » (ou **période**) de 5730 ans (désintégration sans vieillissement)
tous les 5730 ans, le nombre d'atomes de ${}^{14}\text{C}$ dans un échantillon est divisé par 2

$$T({}^{238}\text{U}) = 4,5 \times 10^9 \text{ ans}$$

La datation au ^{14}C

- Le ^{14}C est produit dans les hautes couches de l'atmosphère par les **rayons cosmiques**
- Absorbé par la végétation (**photosynthèse**)
- Ratio $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ **constant** ($\sim 10^{-12}$) chez les êtres vivants
 - Mais il **décroit** après leur mort car plus d'apport de ^{14}C
- On mesure le ratio actuel et on le compare au ratio initial de 10^{-12} pour obtenir l'âge de l'échantillon



Références

- Utilisations du graphène :
 - <https://nanografi.com/blog/60-uses-of-graphene-the-ultimate-guide-to-graphenes-potential-applications-in-2019/>
 - <https://www.graphene-info.com/graphene-applications>
- Signaux cérébraux / épilepsie : <https://www.manchester.ac.uk/discover/news/new-graphene-based-neural-probes-improve-detection-of-epileptic-brain-signals/>
- Protection contre les interférences : <https://nanografi.com/blog/graphene-radiation-shielding-applications/>
- Décontamination de l'eau : <https://pubs.rsc.org/en/Content/ArticleLanding/2013/CP/c2cp44593j>

Références sur la polémique

- France Info : https://www.francetvinfo.fr/sante/maladie/coronavirus/masques-sanitaires/covid-19-les-masques-ffp2-au-graphene-a-eviter-par-precaution-selon-l-anses_4880487.html
- Reuters : <https://www.reuters.com/article/factcheck-graphene-lipidvaccines-idUSL1N2PI2XH>
- AFP : <https://factcheck.afp.com/http%253A%252F%252Fdoc.afp.com%252F9K397Y-1>
- Toxicité du graphène
 - <https://www.hindawi.com/journals/bmri/2021/5518999/>
 - https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5088662/pdf/12989_2016_Article_168.pdf
- Dr José Luis Sevillano : <https://dissidencetv.fr/23/09/2022/sante/covid-19/dr-jose-luis-sevillano-covid-19-et-champs-electromagnetiques-france-tanus-partie-1-et-2-sur-2/>
- Laurent Aventin : <https://lecourrierdesstrateges.fr/downloads/de-loxyde-de-graphene-dans-la-composition-des-vaccins-contre-le-covid/>