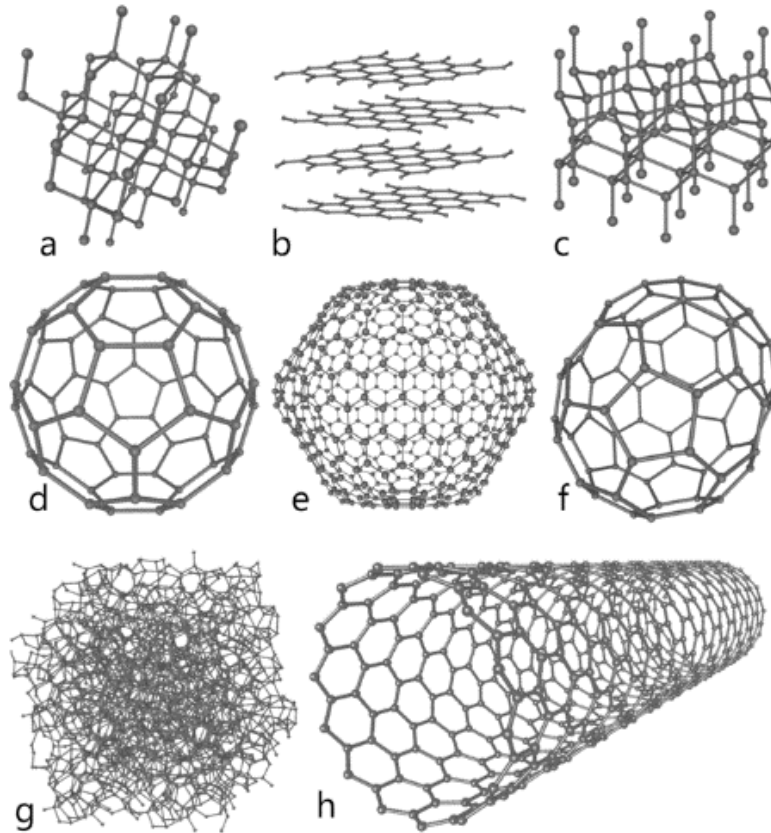


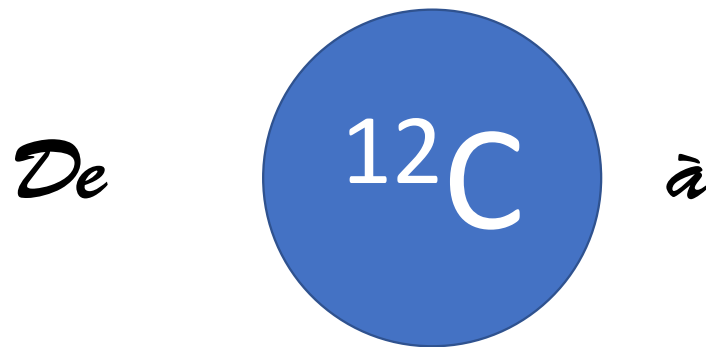
# Allotropes de carbone: diamant et graphite

Équipe IoT de l'Université Valahia de  
Targoviste, ROUMANIE



## *The natural state*

Le carbone est le quatrième élément chimique le plus courant dans l'univers, et il est également le composant de base de la matière organique.



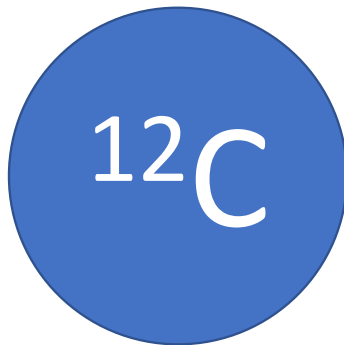
## *À l'état libre*

Le carbone est connu depuis longtemps sous deux formes allotropes: le diamant et le graphite.

# ALLOTROPIE

Il existe aujourd'hui plusieurs allotropes de carbone.

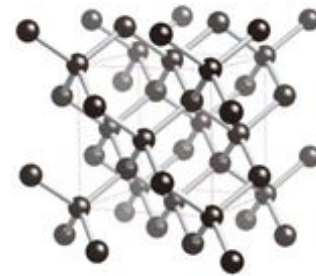
*De*



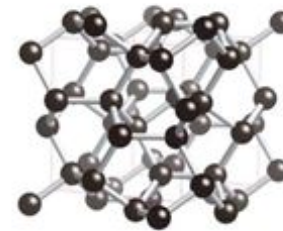
*à*



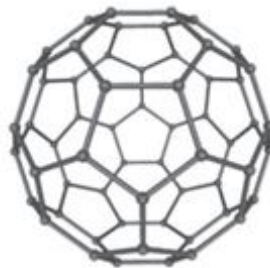
graphite



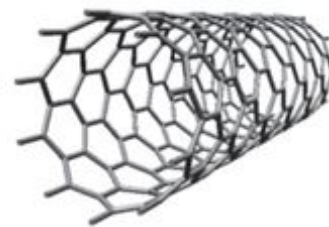
diamond



BC8



fullerene



nanotube

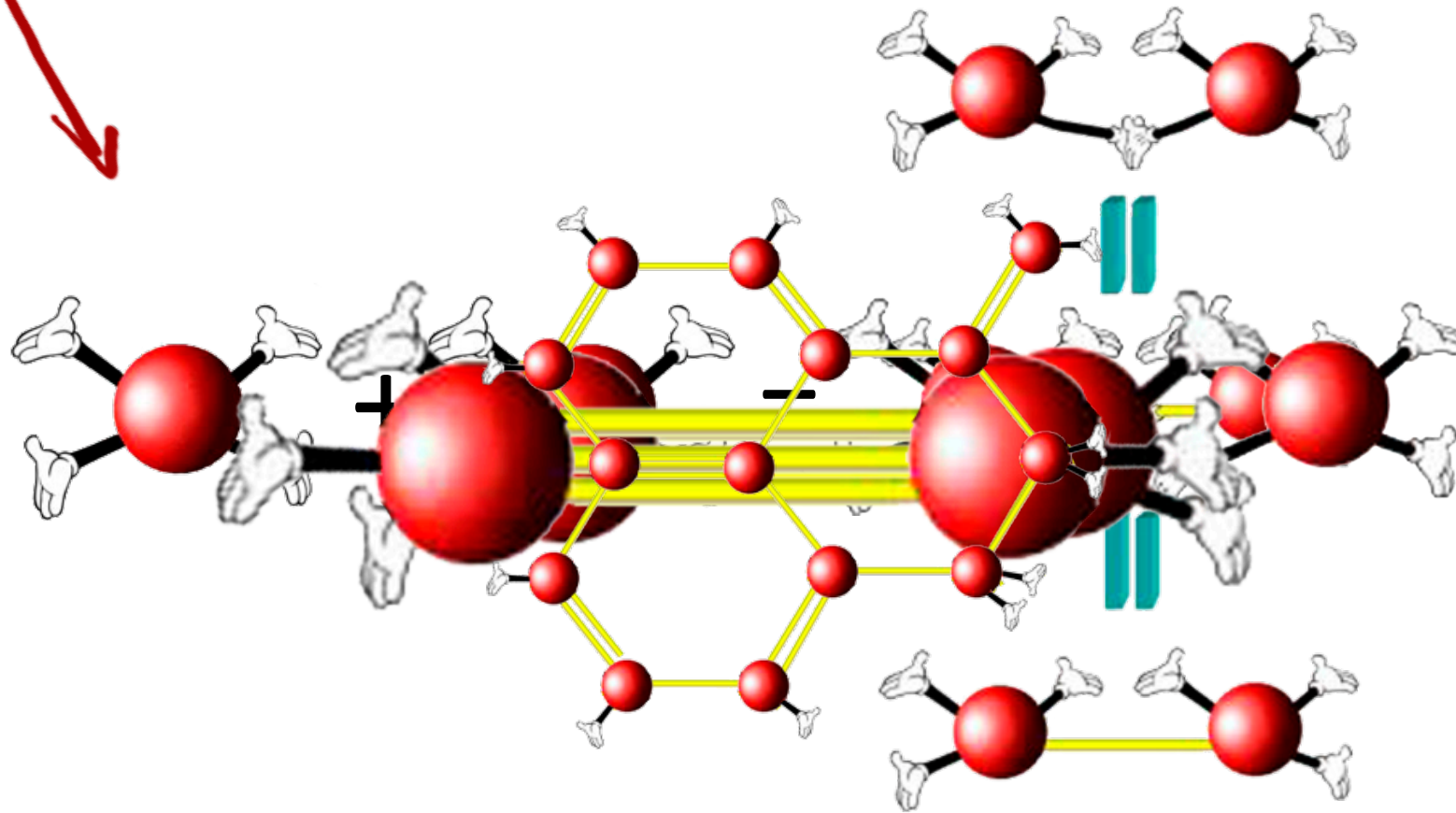


graphene

# Carbone

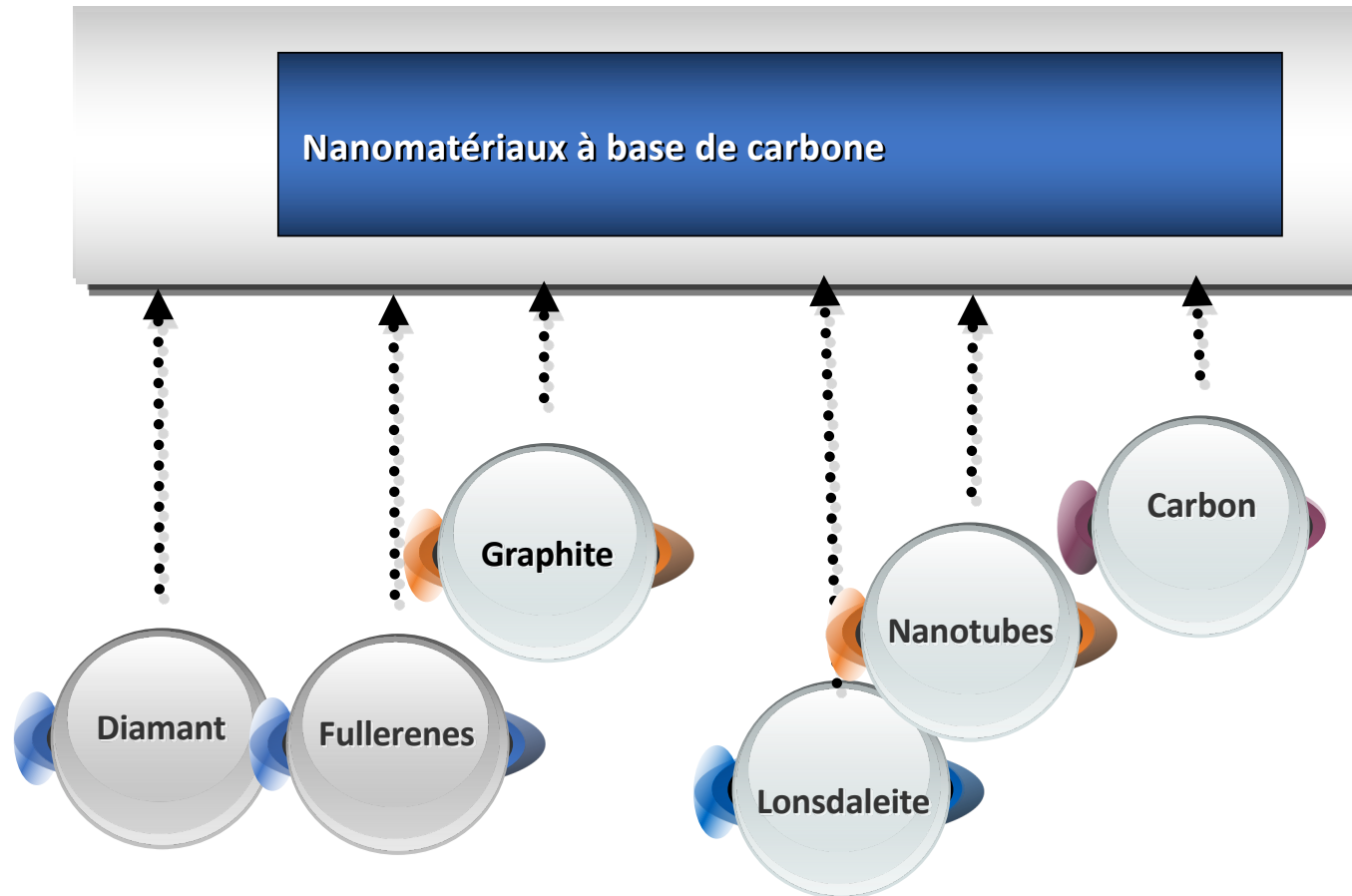
$^{12}\text{C}$

Le carbone est un élément chimique très inhabituel. Les atomes de carbone peuvent s'associer entre eux ou avec des atomes d'autres éléments, conduisant à des composés aux propriétés différentes. Entre les atomes de carbone peuvent exister des liaisons simples, doubles, triples.



# Quelles sont les formes allotropiques du carbone?

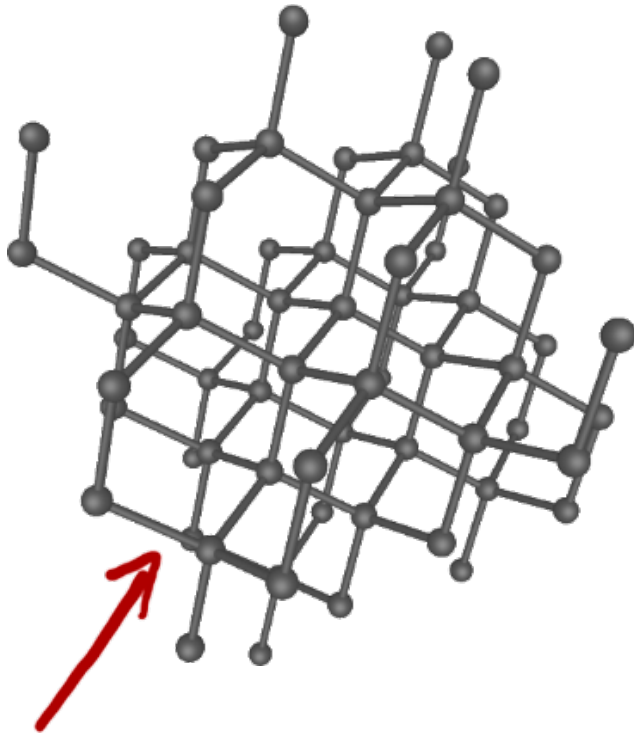
Les différentes possibilités de combinaison entre les atomes de carbone conduisent à différentes formes allotropiques de celui-ci.



Au siècle dernier, la science nous a donné deux autres formes allotropiques: les fullerènes et les nanotubes de carbone.



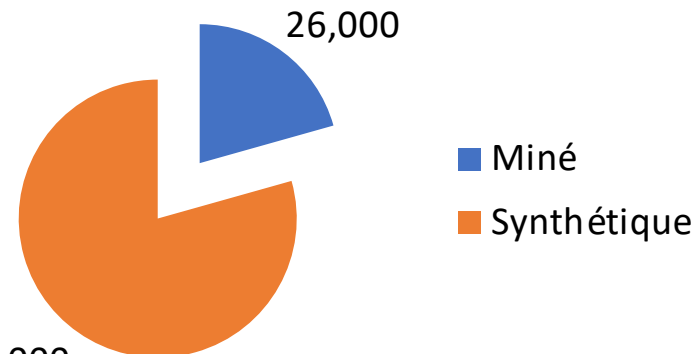
# Diamant



Structure du diamant

- Du **grec** ancien αδάμας - adámas "incassable"
- Apparu dans la vie humaine il y a 6000 ans en Inde et son utilisation était liée à sa beauté
- Le matériau naturel le plus dur connu sur Terre

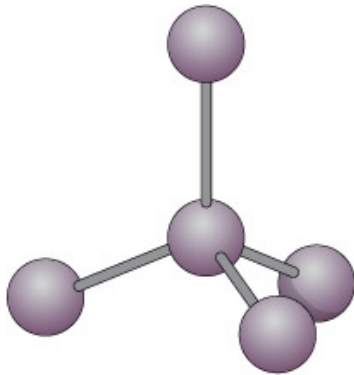
Diamants (tonnes/an)



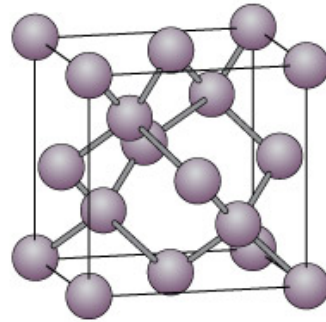




# Diamant



(a)



(b)



Structure du diamant

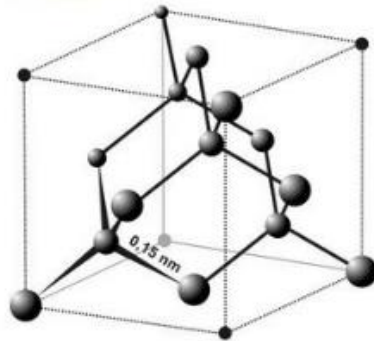
- Dans le cristal de diamant, les atomes du réseau sont reliés par des liaisons covalentes.
- Chaque atome de carbone dans un diamant est lié par covalence à quatre autres carbones dans un tétraèdre.
- Ces tétraèdres forment ensemble un réseau tridimensionnel d'anneaux de carbone à six chaînons dans la conformation chaise, permettant une déformation à angle de liaison nul.
- Ce réseau stable de liaisons covalentes et d'anneaux hexagonaux est la raison pour laquelle le diamant est si incroyablement dur en tant que substance.







# Diamant



Structure du diamant

- En conséquence, le diamant présente la dureté et la conductivité thermique les plus élevées de tous les matériaux en vrac. De plus, son réseau rigide empêche la contamination par de nombreux éléments.
- La surface du diamant est lipophile et hydrophobe, ce qui signifie qu'il ne peut pas être mouillé par l'eau mais peut être par l'huile.
- Les diamants ne réagissent généralement pas avec les réactifs chimiques, y compris les acides forts et les bases.



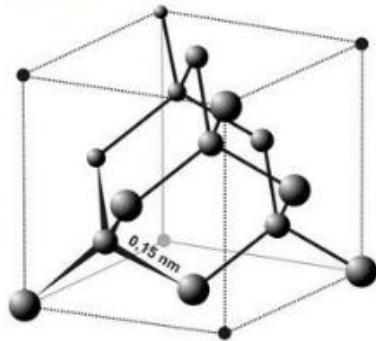


# Diamant



## *Propriétés physiques*

- solide incolore et transparent (diverses impuretés peuvent provoquer une coloration), cristallisé cubique;
- m.p.  $> + 350^{\circ} \text{C}$ ;
- plus dur que l'eau;
- $\rho = 3,51 \text{ g / cm}^3$ ;
- insoluble dans tous les solvants ;
- a la dureté maximale sur l'échelle de Mohs (10);
- isolateur électrique;
- reflète la lumière, brille.



Structure du diamant





# Diamant



Aspect du diamant

- La dureté et la forte dispersion de la lumière du diamant le rendent utile à la fois pour les applications industrielles et les bijoux.
- Le diamant est le minéral naturel **le plus dur connu**. Cela en fait un excellent abrasif et il tient extrêmement bien le polissage et le lustre.
- **L'utilisation industrielle dominante** du diamant est dans la coupe, le perçage, le meulage et le polissage.

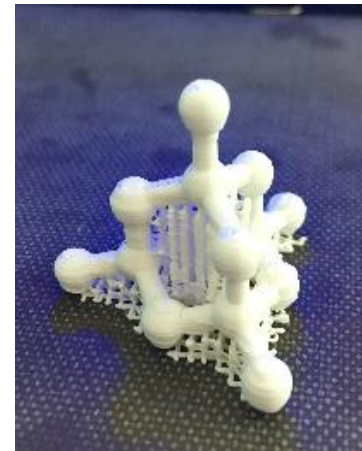
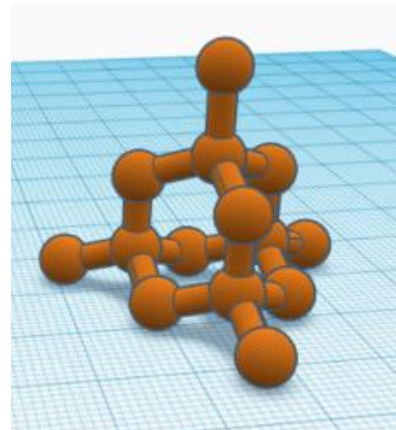
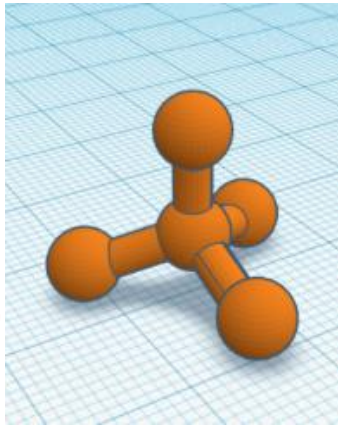




# Diamant



- Essayez de modéliser en 3D la structure unitaire du diamant, en respectant ce que vous avez appris sur les angles entre les atomes et les longueurs de liaison, jusqu'à présent.
- Essayez de multiplier la structure unitaire dans l'espace 3D, jusqu'à obtenir 4 tétraèdres.
- Imprimez votre modèle à l'aide de l'imprimante 3D. Vous devriez obtenir un objet comme celui-ci:



Après l'impression, vous devez couper les fils PLA inutiles, afin de polir la structure.

Unité de structure du diamant

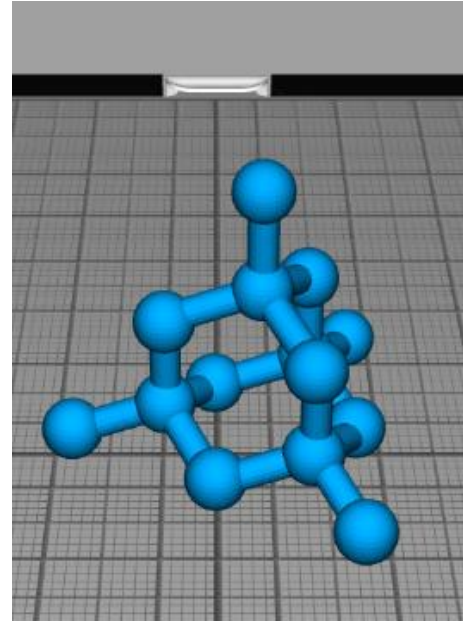
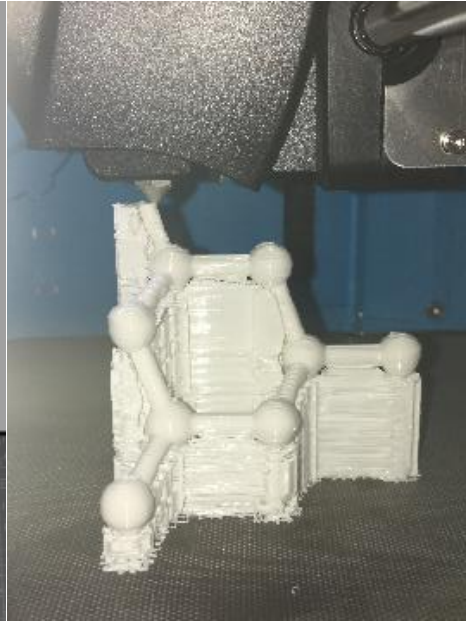
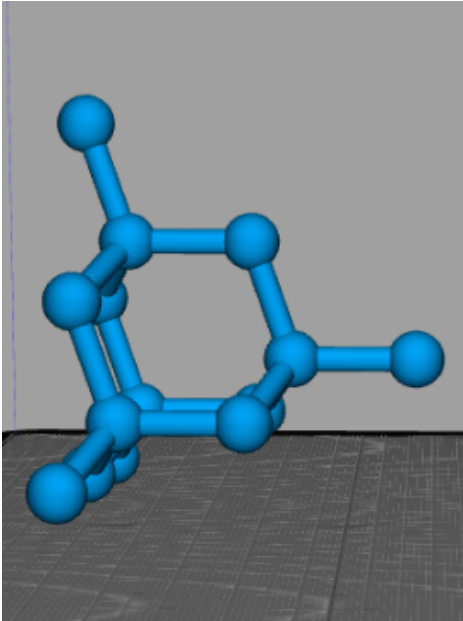






# Diamant

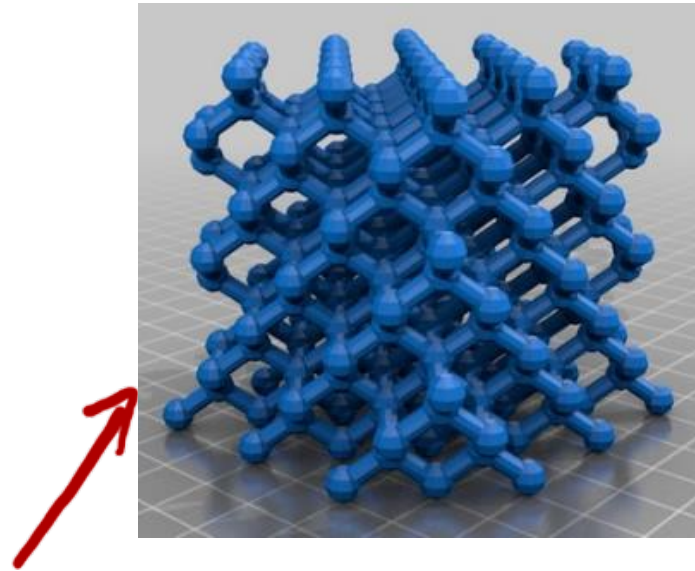
Obs .: Selon la position de l'espace du modèle dans la zone d'impression et le motif de support, plus ou moins de matériau de support sera utilisé.





# Diamant

- Si vous continuez à multiplier et créer des liens entre les tétraèdres dans l'espace, vous pouvez même imprimer la structure cristalline du diamant!



Structure du cristal de diamant-

Analysez la structure imprimée. Pouvez-vous vous expliquer la rigidité et la dureté du diamant? Bien joué!


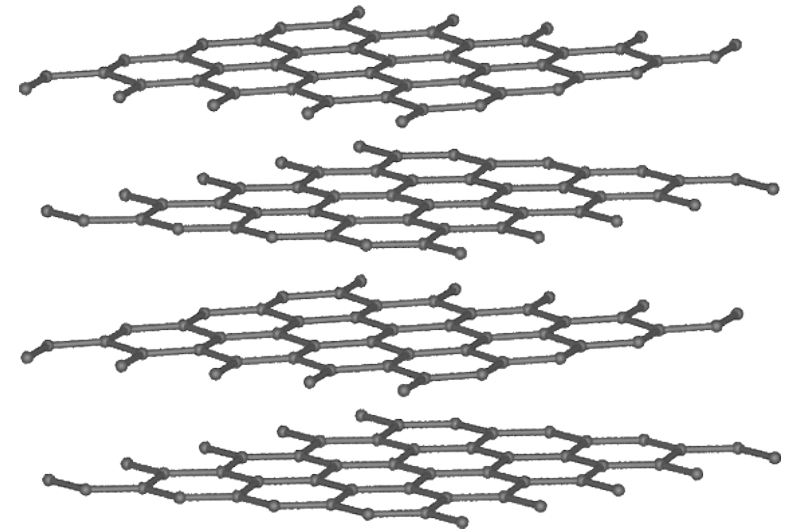


The slide is decorated with several yellow pencils with black erasers and sharpened tips. One pencil is at the top left, two are at the top right, one is on the middle left, one is on the bottom left, and three are at the bottom right.

# Graphite

Le graphite est une autre forme allotropique du carbone connue depuis 6 000 ans. Les découvertes archéologiques montrent que l'Europe de l'Est a été le premier endroit où les gens ont utilisé du graphite.

- du grec ancien γράφω (graphō), "dessiner / écrire" pour son utilisation dans les crayons
- Noir fer à gris acier; bleu profond en lumière transmise
- Le graphite a été utilisé depuis le 4ème millénaire avant notre ère pour créer de la peinture céramique dans le sud-est de l'Europe

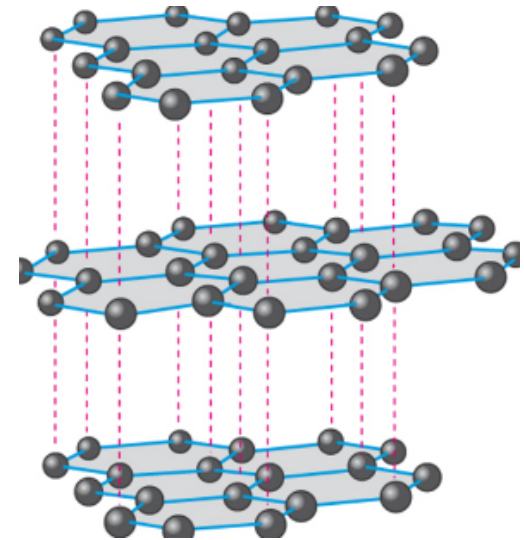
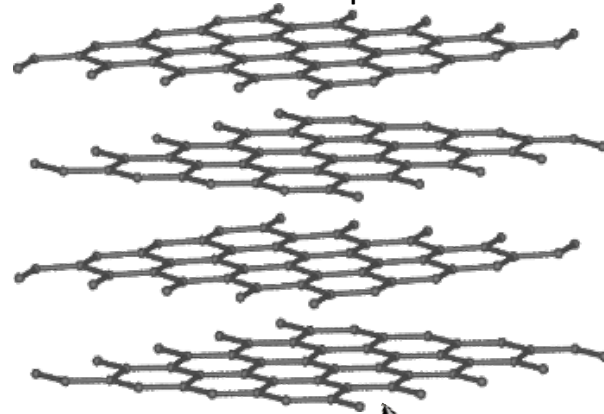
A red arrow points from the text 'Structure du graphite' up towards the diagram of the graphite structure.

Structure du graphite



# Graphite


Dans le graphite, chaque atome est rejoint par trois autres atomes par des liaisons covalentes orientées symétriquement dans le plan après les sommets d'un triangle équilatéral. Des forces lentes s'établissent entre les plans successifs.



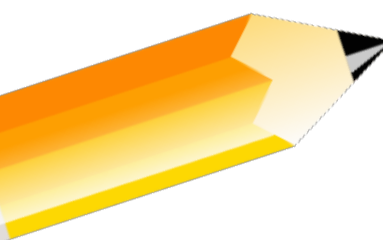
Structure du graphite

Three yellow pencils with black erasers and sharpened tips are arranged in a semi-circle at the top of the page.

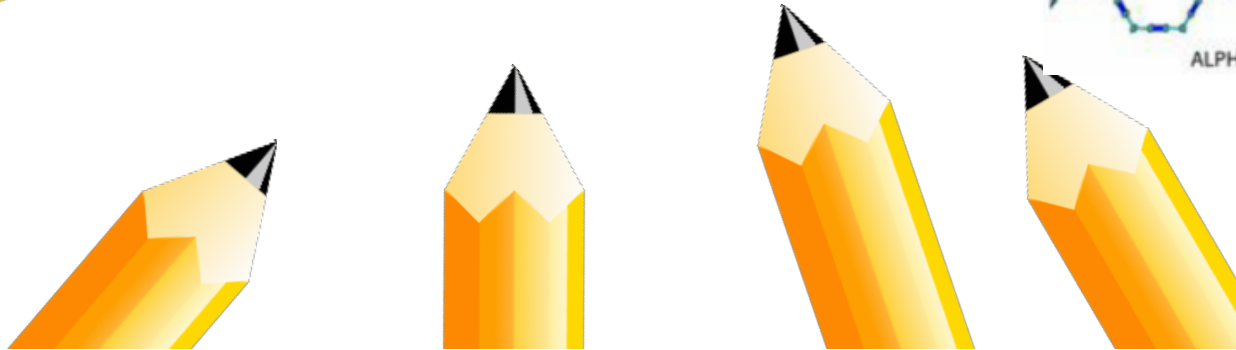
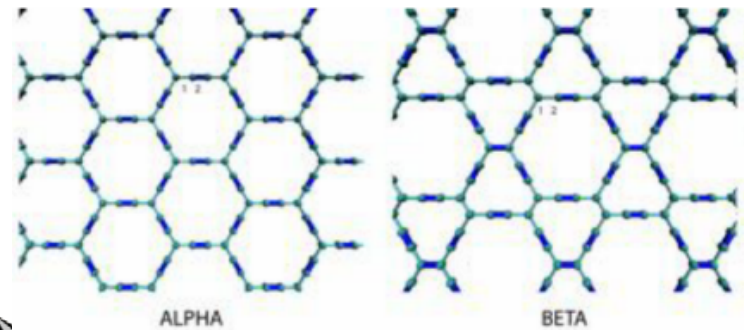
# Graphite

A single yellow pencil with a black eraser and a sharpened tip is positioned to the left of the text.

Le graphite a une structure en couches et plans. Dans chaque couche, les atomes de carbone sont disposés en réseau hexagonal avec une séparation de 0,142 nm, et la distance entre les plans (couches) est de 0,335 nm. Les deux formes connues de graphite, alpha (hexagonal) et bêta (rhomboédrique), ont des propriétés physiques très similaires (sauf que les couches s'empilent légèrement différemment).

A single yellow pencil with a black eraser and a sharpened tip is positioned to the left of the text.

La forme alpha peut être convertie en forme bêta par un traitement mécanique, et la forme bêta revient à la forme alpha lorsqu'elle est chauffée au-dessus de 1300 ° C.

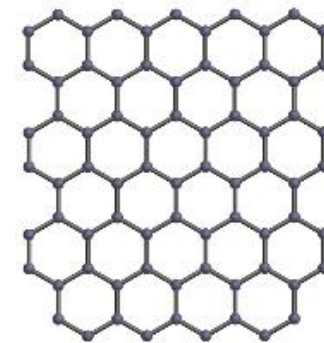
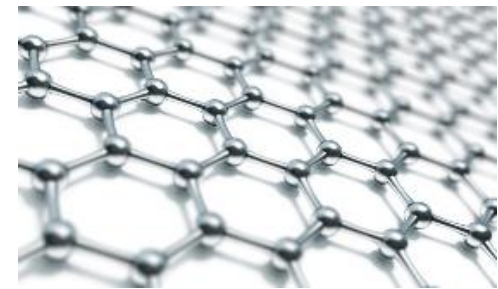
Four yellow pencils with black erasers and sharpened tips are arranged in a semi-circle at the bottom of the page.

Structure du graphite  
alpha et bêta

# Graphite

Une couche unique de graphite est appelée graphène. Ce matériau présente des propriétés électriques, thermiques et physiques extraordinaires. Il s'agit d'un allotrope de carbone dont la structure est une seule feuille plane d'atomes de carbone liés par  $sp^2$  à forte densité dans un réseau cristallin en nid d'abeilles.

La longueur de la liaison carbone-carbone dans le graphène est d'environ 0,142 nm et ces feuilles s'empilent pour former du graphite avec un espacement interplanaire de 0,335 nm. Le graphène est l'élément structural de base des allotropes de carbone tels que le graphite, le charbon de bois, les nanotubes de carbone et les fullerènes. Le graphène est un semi-conducteur semi-métallique ou à intervalle nul, lui permettant d'afficher une mobilité électronique élevée à température ambiante. Le graphène est une nouvelle classe passionnante de matériaux dont les propriétés uniques en font le sujet de recherches en cours dans de nombreux laboratoires.



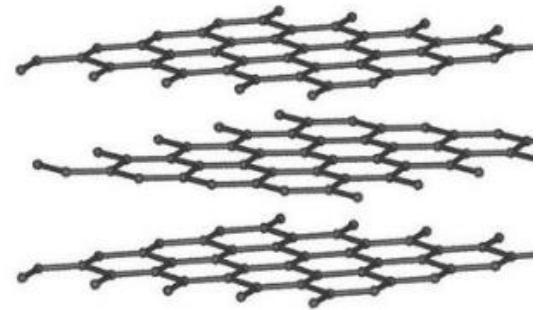
Structure du graphene

The slide is decorated with several yellow pencils with black erasers and sharpened tips. One pencil is on the left, pointing towards the center. Another is at the top left, pointing down. A third is at the top center, pointing down. A fourth is at the top right, pointing down. A fifth is at the bottom left, pointing up. A sixth is at the bottom center, pointing up. A seventh is at the bottom right, pointing up. A eighth is at the bottom right, pointing up.

# Graphite

## *Propriétés physiques*

- solide opaque, noir-gris, brillant, gras, hexagonal cristallisé;
- m.p.  $> + 350^{\circ}\text{C}$ ;
- plus dur que l'eau, mais plus léger que le diamant;
- $\rho = 2,25 \text{ g / cm}^3$ ;
- insoluble dans tous les solvants;
- faible dureté (1 sur l'échelle de Mohs);
- conducteur électrique;
- Les plans dans lesquels se trouvent des atomes peuvent glisser les uns sur les autres, laissant des traces sur le papier.

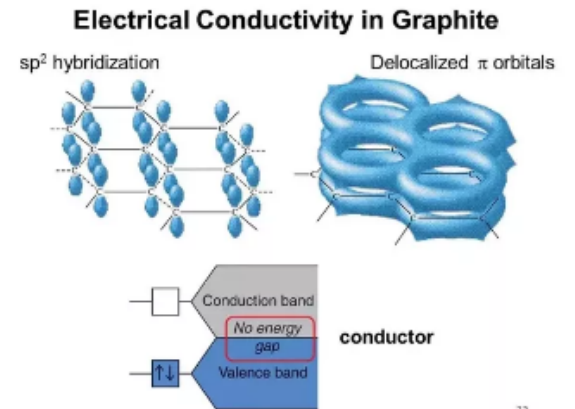


Structure of graphite

# Graphite

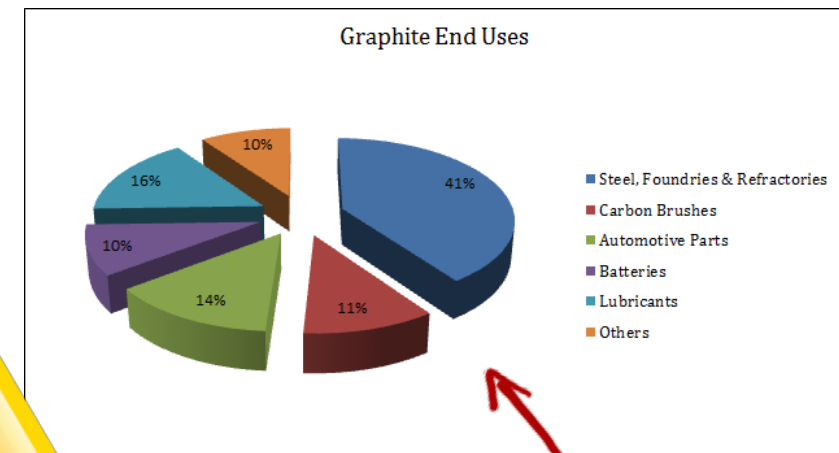
Le graphite peut conduire l'électricité en raison de la vaste délocalisation des électrons dans les couches de carbone; comme les électrons sont libres de se déplacer, l'électricité se déplace dans le plan des couches.

Le graphite possède également des propriétés autolubrifiantes et lubrifiantes à sec. Le graphite a des applications dans les matériaux prothétiques contenant du sang et les matériaux résistants à la chaleur car il peut résister à des températures allant jusqu'à 3000 ° C.



## *Applications*

- mines de crayons;
- creusets métallurgiques;
- électrodes;
- lubrifiants.

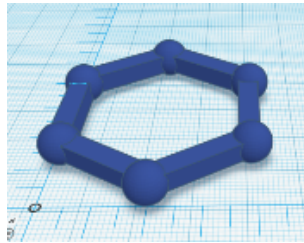


Applications du graphite

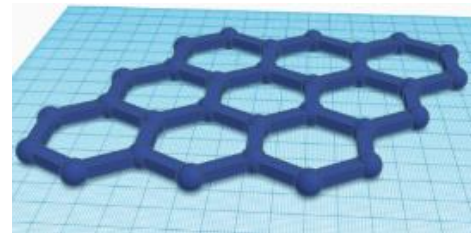


# Graphite

- En partant de l'unité hexagonale, essayez de modéliser pour l'impression 3D la structure unitaire du graphène, en respectant ce que vous avez appris sur les angles entre les atomes et les longueurs de liaison jusqu'à maintenant.

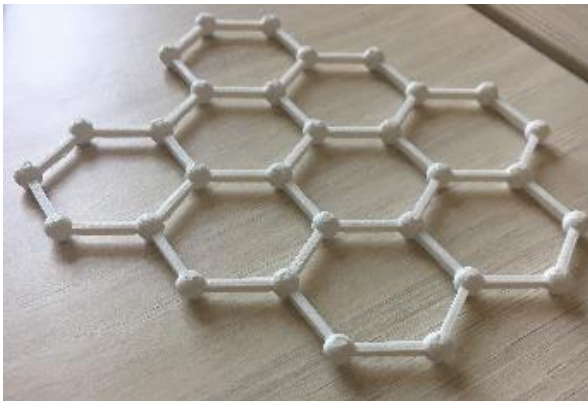


Unité hexagonale



Structure du graphène

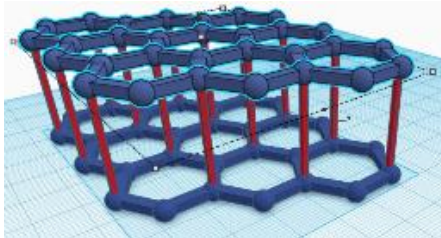
- Imprimez votre modèle de graphène à l'aide de l'imprimante 3D. Vous devriez obtenir un objet comme celui-ci:



- Après l'impression, essayez de vérifier la dureté / flexibilité de la structure. Pouvez-vous identifier une différence entre cette structure et celle en diamant?

# Graphite

- Sur la base du modèle précédent, essayez de multiplier la structure unitaire afin d'obtenir la structure plane du graphite. Modélisez une structure avec au moins deux plans d'atomes de carbone.
- Imprimez votre modèle à l'aide de l'imprimante 3D. Vous devriez obtenir un objet comme celui-ci:



Structure du graphite



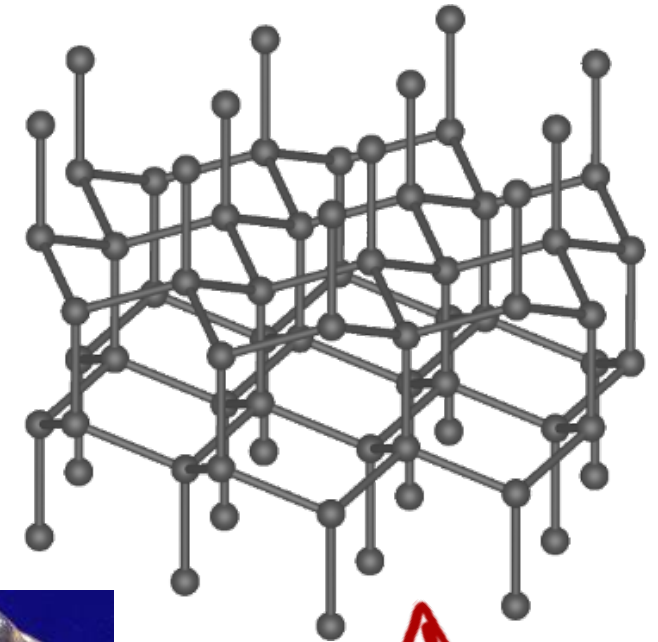
- Après l'impression, vous devez couper les fils PLA inutiles, afin de polir la structure.
- Essayez de voir comment les plans des atomes de carbone se déplacent l'un vers l'autre. Cela explique le clivage du graphite.
- Les électrons libres qui proviennent de chaque atome de carbone et se déplacent entre les plans forment un réseau qui crée l'opacité du graphite.



... d'autres formes allotropiques du carbone moins connues

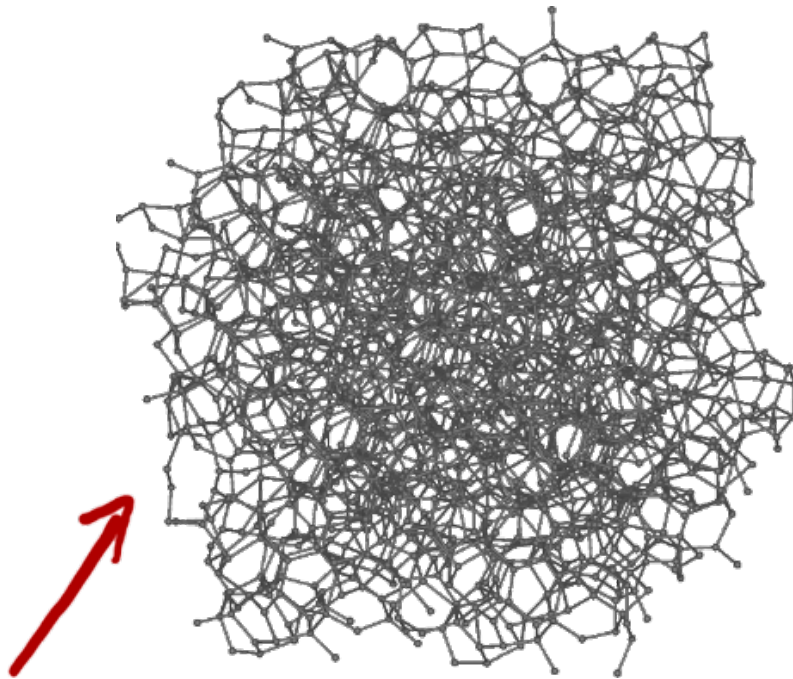
# Lonsdaleite

- La lonsdaleite est un minéral très rare, très similaire au diamant
- nommé en l'honneur de Kathleen Lonsdale, cristallographe britannique
- La lonsdaleite a été identifiée pour la première fois en 1967 à partir de la météorite Canyon Diablo
- Un échantillon pur simulé s'est avéré 58% plus dur que le diamant



Structure de la **Lonsdaleite**

# Carbone amorphe



Structure du **Carbone amorphe**

- ✓ C'est un carbone réactif libre qui n'a pas de structure cristalline
- ✓ En pratique, généralement, les nombreuses formes amorphes sont des composés chimiques à haute teneur en carbone, et non une forme allotropique pure du carbone