

# Le Carbone

## Cours

### Chimie Minérale Descriptive

Saliha Guermouche - Chérifa Rabia

Editions Al-Djazair

Pr. Saliha Guermouche  
USTHB

Pr. Chérifa Rabia  
USTHB

# **Le carbone**

## **Chimie Minérale Descriptive**

**Cours**

Editions Al-Djazair

## **SOMMAIRE**

### **Chapitre VIII : Le carbone**

I. Introduction

II. Caractéristiques

III. Composés chimiques

IV. Propriétés acido-basiques et redox

IV. 1 Propriétés acido-basiques

IV.2 Propriétés redox

V. Applications

VI. Production

## Le carbone

### I. Introduction

Le carbone existe à l'état naturel sous forme de charbon, graphite, diamant, oxydes (CO, CO<sub>2</sub>) et carbonate de calcium (dolomite, gypse et marbre).

Le dioxyde de carbone, CO<sub>2</sub>, constitue actuellement près de 40% des composants de l'atmosphère terrestre, suite au développement de l'industrie, à l'augmentation croissante des véhicules et au fonctionnement des centrales thermiques, alors que l'oxygène ne représente que 21%.

Le carbone est le principal composant des molécules organiques (hydrocarbures).

Le carbone possède deux isotopes: <sup>12</sup>C (98,89 %) et <sup>13</sup>C (1,11 %).

### II. Caractéristiques

Le carbone (C) est un élément chimique de la famille des pictogènes constituant le sous-groupe IVA (ou le 14<sup>ième</sup> groupe) de la classification périodique. Sa configuration électronique externe est  $2s^2 2p^2$ . Le carbone élémentaire est une substance inerte, insoluble dans l'eau et dans les solvants organiques. Dans les conditions normales de température et de pression, le carbone est un solide qui se trouve sous plusieurs variétés allotropiques, graphite, diamant et amorphe.

#### - Graphite

Le graphite de couleur noir, correspond à un empilement de plans constitués d'hexagones de carbone (figure 1). La faible liaison chimique entre ces plans conduit à leur glissement les uns par rapport aux autres. La distance entre deux plans consécutifs est de 0,335 nm et la longueur de la liaison entre deux carbones liés de 0,141 nm. Chaque atome de carbone est lié à trois autres et chacun d'eux est hybridé en  $sp^2$ . Le graphite est un solide mou et également un bon conducteur suite à la délocalisation des électrons  $\pi$ .

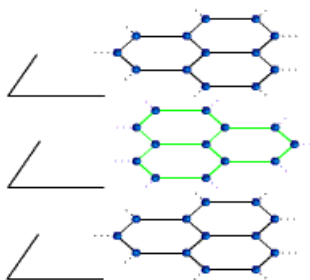


Figure 1 : Empilement de plans dans le carbone graphite

### - Diamant

Le diamant est un solide incolore, de structure cubique « type diamant » (figure 2). Les atomes occupent les sommets, les milieux des faces et la moitié des sites tétraédriques de la maille cubique. Le nombre d'atomes de carbone par maille est de 8 ( $Z = 8 \times 1/8 + 6 \times 1/2 + 4 = 8$ ). Chaque atome de carbone est lié à quatre autres situés aux sommets d'un tétraèdre régulier et chacun d'eux est hybridé en  $sp^3$ . La longueur des liaisons C-C est de 0,154 nm. Le carbone diamant est un bon isolant et un bon conducteur de la chaleur. Il s'oxyde dès 500°C sous un courant d'air, et s'il est maintenu à 1100 °C sous atmosphère inerte (courant d'azote ou d'hélium), il se transforme en graphite.

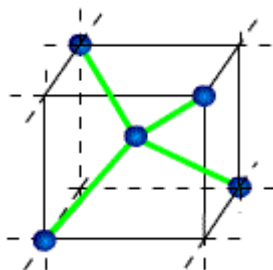


Figure2 : Structure du carbone« type diamant »

### - Carbone amorphe

Le carbone amorphe, appelé fullerène est composé d'atomes de carbone assemblés irrégulièrement constituant des feuilles graphitiques désordonnées de forme sphérique ( $C_{60}$ ). Cette forme amorphe du carbone est un mélange de sites à trois liaisons de type graphite ou à quatre liaisons de type diamant.

Les formes amorphes (ou noir de carbone) sont obtenues par pyrolyse ou pyrogénéation de précurseurs tels que le bois, la houille ou le pétrole. Le carbone amorphe est sous forme de coke, carbone vitreux et carbone fibreux. Le carbone amorphe est une poudre constituée de particules sphériques de 10 à 500 nm, qui forment des agrégats de 100 à 800 nm. Ces agrégats

peuvent former des agglomérats de 1 à 100  $\mu\text{m}$  ou être transformés en granules de 0,1 à 1 mm. Le noir de carbone, l'un des polluants atmosphériques, est émis par l'industrie pétrochimique et les véhicules. Il provient de la combustion incomplète des hydrocarbures.

Le carbone fibreux, obtenu par pyrolyse contrôlée de fibres synthétiques est choisi industriellement pour sa haute résistance à la rupture, sa haute rigidité, sa dilatation thermique nulle, sa bonne conductibilité électrique et thermique, et sa faible masse volumique ( $1,7\text{-}1,9\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ).

Le tableau 1 donne certaines caractéristiques de l'atome de carbone.

Tableau 1 : Caractéristiques de l'atome de carbone

Numéro atomique	6
Masse atomique	12,0107
Rayon atomique (Å)	0,67- 0,70
Rayon covalent (Å)	0,76 Å ( $\text{sp}^3$ ), 0,73 Å ( $\text{sp}^2$ )
Electronégativité de Pauling	2,55
Affinité électronique ( $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ )	121,9
Energie d'ionisation ( $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ )	1086,5
Température de Fusion ( $^{\circ}\text{C}$ )	3652 (graphite)
Température d'ébullition ( $^{\circ}\text{C}$ )	3550 (diamant) ; 3825 (graphite)
Masse volumique ( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ )	1,8 à 2,1 (amorphe) ; 1,9-2,3 (graphite) 3,15-3,54 (diamant)

### III. Composés chimiques du carbone

Le carbone donne essentiellement des liaisons covalentes. Il est l'élément de base de la chimie organique en s'associant par liaisons simples, doubles ou triples à l'hydrogène, l'oxygène, l'azote, les halogènes, le phosphore, le soufre et les métaux.

#### - Oxydes de carbone

Le carbone peut conduire à plusieurs oxydes  $\text{C}_x\text{O}_y$  dont le plus connu est le dioxyde de carbone.

Le dioxyde de carbone  $\text{CO}_2$  est appelé également gaz carbonique ou anhydride carbonique. Dans les conditions normales de température et de pression,  $\text{CO}_2$  est un gaz incolore, inodore, à la saveur piquante. C'est un gaz à effet de serre. La molécule  $\text{CO}_2$  est linéaire ( $\text{O}=\text{C}=\text{O}$ ).

Le monoxyde de carbone,  $\text{CO}$ , gaz incolore et inodore, est formé par oxydation (combustion) incomplète des composés organiques ou du charbon. Le monoxyde de carbone se lie plus fortement que l'oxygène à l'hémoglobine sanguine pour former de la carboxyhémoglobine, composé stable, entraînant l'empoisonnement des molécules de l'hémoglobine qui peut être mortel.

Il existe des oxydes de carbone linéaires de formules  $\text{C}_n\text{O}_2$  ( $n$  variant entre 2 et 5) et  $\text{C}_n\text{O}$  ( $n = 2, 4$  ou  $6$ ) et des oxydes de carbone non linéaires tels que  $\text{C}_{10}\text{O}_8$ ,  $\text{C}_6\text{O}_6$ ,  $\text{C}_{12}\text{O}_{12}$  ...

#### - Autres composés

Avec l'hydrogène et l'azote, le carbone donne le cyanure d'hydrogène ( $\text{HCN}$ ), gaz toxique. Il est produit par certains végétaux et se trouve dans les amandes amères et les noyaux de fruits.

Avec le soufre, le carbone forme le sulfure de carbone  $\text{CS}_2$ , liquide toxique utilisé comme solvant.

Avec les halogènes, le carbone forme des composés de formule  $\text{CX}_4$  ( $\text{CCl}_4$  est utilisé comme solvant).

Avec les métaux et le silicium, le carbone forme des carbures ( $\text{CaC}_2$ ,  $\text{SiC}_2$ , ...) appelés également acétylures.

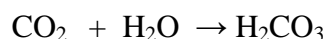
Le carbone est l'élément de base de la chimie organique.

## IV. Propriétés acido-basiques et redox

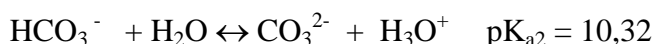
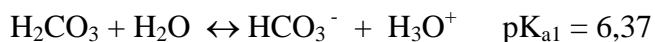
### IV.1 Propriétés acido-basiques

#### - Acide carbonique

$\text{CO}_2$  se dissout dans l'eau pour donner un oxoacide, l'acide carbonique,  $\text{H}_2\text{CO}_3$ :



En solution aqueuse  $\text{H}_2\text{CO}_3$ , diacide faible, donne les équilibres suivants:



Les sels correspondant à l'acide  $\text{H}_2\text{CO}_3$  sont appelés carbonate ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ : carbonate de sodium) et bicarbonate ou hydrogénocarbonate ( $\text{NaHCO}_3$ : bicarbonate de sodium).

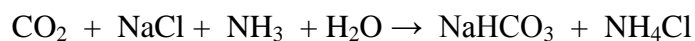
Le carbonate de sodium donne de l'hydrogénocarbonate de sodium :



À partir de  $60^\circ\text{C}$ ,  $\text{NaHCO}_3$  se décompose:

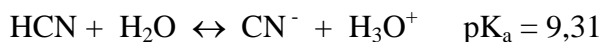


L'hydrogénocarbonate de sodium,  $\text{NaHCO}_3$ , peut être produit en faisant barboter du  $\text{CO}_2$  dans un mélange aqueux composé de  $\text{NaCl}$  et de  $\text{NH}_3$ :



#### - Acide cyanhydrique

Le cyanure d'hydrogène,  $\text{HCN}$ , est un gaz. En solution aqueuse, on obtient l'acide cyanhydrique qui est un acide faible:



Les sels correspondant à l'acide  $\text{HCN}$  sont appelés cyanure ( $\text{NaCN}$  : cyanure de sodium).

## IV.2 Propriétés redox

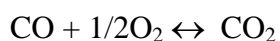
#### - Carbone

Le carbone a des propriétés réductrices, avec l'oxygène, il s'oxyde en  $\text{CO}$  ou en  $\text{CO}_2$ . Avec des agents oxydants, comme l'acide nitrique ou le nitrate de potassium, le carbone s'oxyde en acide méthylique  $\text{C}_6(\text{CO}_2\text{H})_6$ .

#### - Monoxyde de carbone

Le monoxyde de carbone a des propriétés oxydante et réductrice, c'est un amphotère.

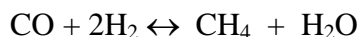
En présence d'oxygène, il s'oxyde en dioxyde de carbone :



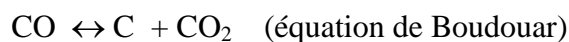
En présence d'un oxyde métallique ( $\text{MO}$  :  $\text{CuO}$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{NiO}$ ...), il s'oxyde en dioxyde de carbone :



En présence d'hydrogène et d'un catalyseur à base de nickel, il se réduit en méthane :



A très haute température (1000°C), le monoxyde de carbone se dismute en carbone et en dioxyde de carbone :



## V. Applications

### - **Fibre de carbone**

La fibre de carbone est utilisée dans :

- les véhicules de compétition (freins hautes performance),
- les industries aéronautiques et spatiales,
- les équipements sportifs (canoë, arcs sportifs et flèches, raquettes de tennis, ...),
- les instruments de musique (archets de violons et violoncelles, guitares...),
- les tubes de télescope, grâce à son faible coefficient de dilatation,
- les filtres pour les gaz à haute température,
- comme électrode à grande surface spécifique et pour sa grande résistance à la corrosion,
- comme renforcement des structures en béton armé.

### - **Dioxyde de carbone**

Le CO<sub>2</sub> liquide est utilisé :

- dans les extincteurs « neige carbonique »,
- comme composant pétillant dans les boissons gazeuses,
- en emballages à atmosphère contrôlée comme élément neutralisant,
- pour solubiliser le calcaire dans les eaux dures,
- dans les réfrigérants.

## VI. Production

- Les fibres de carbone sont produites à partir de l'oxydation des fibres d'un polymère acrylique (polyacrylonitrile) à 200 -300°C sous air pendant 2h, suivie d'une carbonisation à 1000- 1500°C sous flux d'azote pendant quelques minutes. Ce procédé permet d'obtenir des fibres de carbone à haute résistance en traction. La fibre de

carbone est utilisée dans les matériaux composites pour augmenter la résistance mécanique pour un poids réduit.

Titres du même auteur :

Chimie Minérale Descriptive :

- L'hydrogène ~ Editions Al-Djazair Octobre 2013
- Les alcalins et les alcalino-terreux ~ Editions Al-Djazair Octobre 2013
- Les halogènes ~ Editions Al-Djazair Octobre 2013
- L'oxygène, l'ozone, et les peroxydes ~ Editions Al-Djazair Octobre 2013
- Le soufre et l'acide sulfurique ~ Editions Al-Djazair Octobre 2013
- L'azote et l'acide nitrique ~ Editions Al-Djazair Octobre 2013
- Le silicium ~ Editions Al-Djazair Octobre 2013

Copyright Editions El-Djazair — Octobre 2013  
13, rue des frères Boulahdour  
16000 Alger-Algérie

---

---

Cet ouvrage est soumis au copyright. Le présent ouvrage présent sur le site web et à son contenu appartient aux Editions El-Djazair.  
Le présent site web et son contenu, que ce soit en tout ou en partie, ne peuvent être reproduits, publiés, affichés, téléchargés, modifiés, utilisés en vue de créer des œuvres dérivées ou reproduits ou transmis de toute autre façon par tout moyen électronique connu ou inconnu à la date des présentes sans l'autorisation écrite expresse des Editions El-Djazair  
Les actes ci-dessus sont des infractions sanctionnées par le Code de la propriété intellectuelle Algérienne.