

Lycée Baimbridge, MP 2025-2026

à rendre pour le 18 septembre 2025

Physique Chimie

DM 2

Le graphène (adapté de Centrale 2007 et 2017)

Le graphène est un cristal bidimensionnel, constitué d'atomes de carbone répartis régulièrement sur un réseau hexagonal en forme de nid d'abeille. En appliquant un simple morceau de Scotch sur un cristal de graphite, les physiciens Konstantin Novoselov et Andre Geim ont réussi, en 2004, à isoler et à observer une unique feuille de graphène. Ils ont reçu le prix Nobel de physique en 2010 pour ces travaux. Le graphène s'est avéré être un matériau fascinant, aux propriétés électroniques exceptionnelles et donne lieu, depuis 2004, à des recherches variées à la fois en physique fondamentale et en physique appliquée.

1 Le carbone

Le carbone présente des isotopes : les carbones 12, 13 et 14 de masses molaires respectivement $12.0000 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$, $13.0000 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ et $14.0000 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

- ☐ **1** – Qu'est-ce qu'un isotope ? On pourra s'aider d'un exemple autre que le carbone.
- ☐ **2** – Sachant que la masse molaire du carbone naturel est de $12.0111 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ et en supposant que celui-ci ne contient pas de carbone 14, donner les fractions massiques des carbones 12 et 13.
- ☐ **3** – Donner la structure électronique du carbone ($Z = 6$) et de l'oxygène ($Z = 8$).
- ☐ **4** – Donner la représentation de Lewis de ces deux éléments et proposer une structure de Lewis pour les molécules de CO_2 et de CO .
- ☐ **5** – La molécule de CO_2 (linéaire) présente-t-elle un caractère dipolaire ? Et celle de CO ? Justifier.

2 Diagramme de phases du carbone

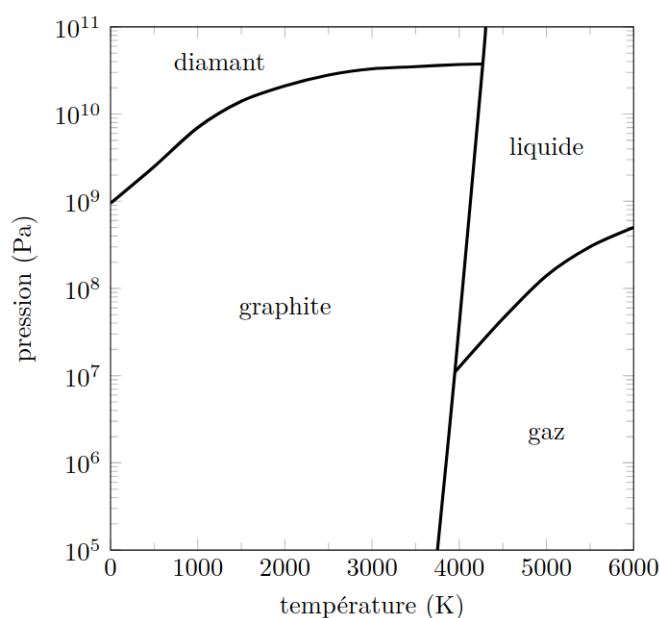


Figure 1: Diagramme de phases du carbone.

Le carbone solide existe sous deux variétés allotropiques aux propriétés physico-chimiques très différentes : le diamant (dur, cassant, transparent, isolant) et le graphite (mou, noir, conducteur). On donne sur la figure ci-dessus le diagramme d'état du carbone.

- ☐ 6 – Quelle est la forme stable du carbone à 0°C sous 1 bar ?
- ☐ 7 – Sous quelles pressions le graphite peut-il se transformer en diamant ? Où peut-on rencontrer de telles pressions ?
- ☐ 8 – Comment expliquer que des diamants puissent être achetés dans des bijouteries ?

2.1 Structure cristallographique du diamant

Le diamant cristallise dans une structure cubique telle que les atomes de carbone forment un réseau cubique à faces centrées et occupent un site tétraédrique sur deux en alternance.

- ☐ 9 – Dessiner la maille du diamant.
- ☐ 10 – Quelle est la compacité de l'édifice en supposant qu'il y a tangence entre atomes de carbone les plus proches ?
- ☐ 11 – La masse volumique du diamant vaut $3250 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. En déduire la distance séparant deux atomes de carbone.

2.2 Structure cristallographique du graphite

Le graphite présente une structure en feuillets superposés de type ABAB. Au sein d'un même feuillet, les carbones ont une géométrie trigonale plane avec des angles de 120° et des longueurs de liaison de 141 pm. La maille hexagonale associée à la structure est représentée ci-dessous.

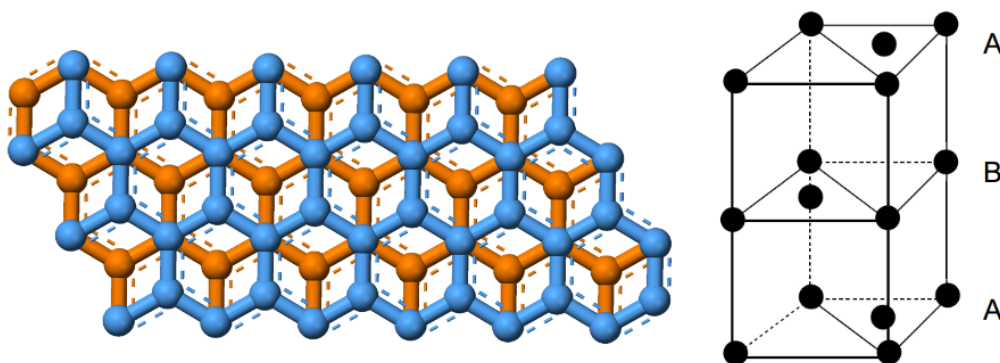


Figure 2: A gauche : représentation schématique des feuillets de graphite vus de dessus. A droite : maille hexagonale du graphite.

- ☐ 12 – Déterminer le nombre d'atomes en propre par maille.

□ 13 – La densité du graphite étant comprise entre 2,09 et 2,23, en déduire une fourchette pour la distance entre deux feuillets. (*Cette question demande une certaine prise d'initiative*)

□ 14 – En comparant les différentes distances entre atomes de carbone rencontrées dans cette partie, discuter la nature des liaisons C-C dans le diamant, dans les feuillets du graphite et entre les feuillets du graphite. Commenter.

2.3 Du graphite au graphène

Le graphène correspond à un unique feuillet d'atomes de carbones constituant le graphite. La figure ci-dessous explique comment obtenir un tel feuillet à partir d'un bloc de graphite (tiré d'une mine de crayon par exemple) et d'un morceau de ruban adhésif.

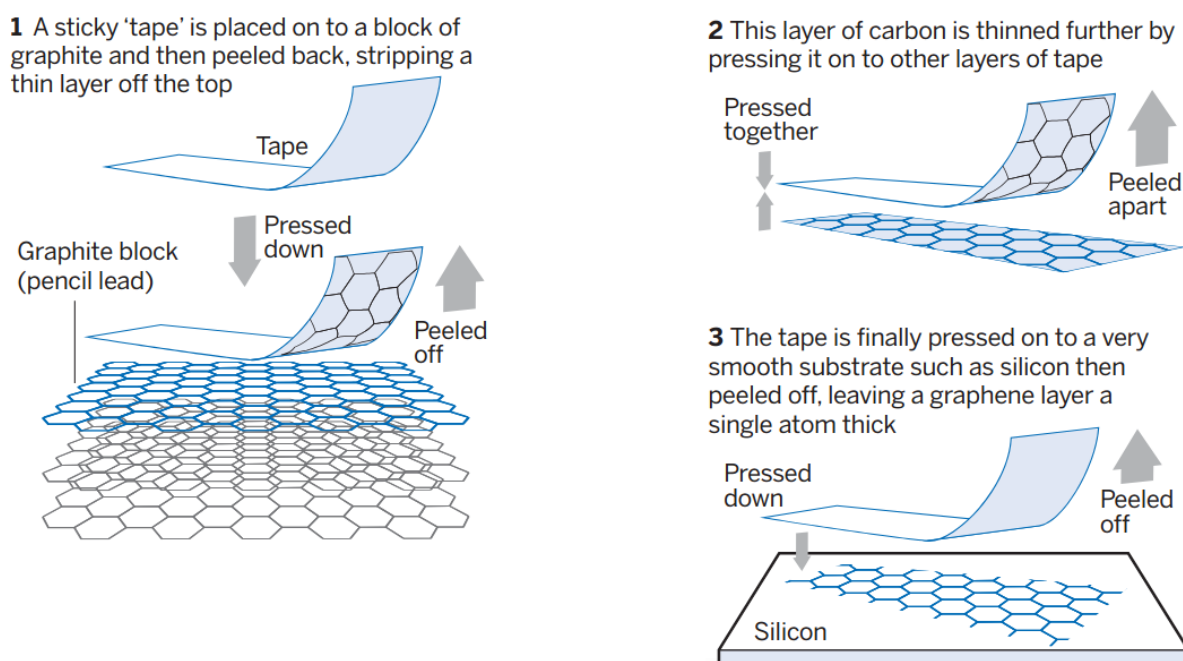


Figure 3: Illustration extraite de l'article *Faster, stronger, bendier* de Clive Cookson, publié dans *Financial Times* du 28 janvier 2013

□ 15 – À partir d'arguments qualitatifs uniquement, justifier la faisabilité d'un tel procédé.

□ 16 – Dans le domaine de la recherche, le graphène est particulièrement étudié pour ses propriétés électroniques exceptionnelles. Comment expliquer simplement les propriétés conductrices du graphène ?