

PHYSIQUE-CHIMIE. DEVOIR SURVEILLÉ 2

Samedi 04/10/2025. Durée : 2h

CONSIGNES

- ▷ **La calculatrice est autorisée.** Les autres outils électroniques (téléphone, tablette...) et documents papier sont strictement interdits. Un brouillon est autorisé.
- ▷ Utiliser uniquement un stylo noir ou bleu foncé non effaçable pour la rédaction de votre composition ; d'autres couleurs, excepté le vert, peuvent être utilisées, mais exclusivement pour les schémas et la mise en évidence des résultats.
- ▷ Ne pas utiliser de correcteur.
- ▷ Écrire le mot FIN à la fin de votre composition.
- ▷ Numéroter les pages de votre composition.

Le sujet comporte **cinq parties indépendantes**.

Partie I - Le lithium et ses propriétés

Sur Terre, l'isotope le plus abondant du lithium (92,5 %) est ${}^7_3\text{Li}$.

Q1. Rappeler la définition du terme isotope.

Q2. Donner la composition du noyau d'un atome de lithium ${}^7_3\text{Li}$.

Q3. Sachant qu'il n'y a que deux isotopes naturels du lithium, et compte tenu du fait que la masse molaire du lithium naturel vaut $M(\text{Li}) = 6,93 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$, donner sans justification la notation symbolique du second isotope.

Q4. Déterminer la configuration électronique d'un atome de lithium dans son état fondamental.

Q5. Quelle est la position de l'élément lithium dans la classification périodique des éléments ? Nommer la famille d'éléments chimiques à laquelle il appartient et dessiner son schéma de Lewis.

À température ambiante, le lithium cristallise dans un système cubique centré de paramètre de maille $a = 351 \text{ pm}$, représenté ci-dessous, où chaque boule noire correspond à l'emplacement d'un atome de lithium.

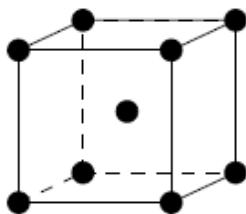


FIGURE 1 – Maille du système cubique centré

Q6. Calculer la population de cette maille. En déduire l'expression puis la valeur de la masse volumique ρ_{Li} du lithium solide. Commenter.

Donnée : La constante d'Avogadro vaut $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

Partie II - Température de changement d'état et solubilité

Q7. Donner sans justification les schémas de Lewis de la molécule d'eau et de la molécule de dioxyde de carbone.

Q8. Le soufre (S) ne respecte pas la règle de l'octet. Dans la molécule de dioxyde de soufre (SO_2), il est entouré de cinq doublets, et il s'agit de l'atome central. Donner sans justification le schéma de Lewis de la molécule de dioxyde de soufre.

Q9. La molécule de dioxyde de carbone est linéaire, tandis que les molécules d'eau et de dioxyde de soufre sont coudées. Justifier qualitativement cette différence.

On donne les valeurs des électronégativité de quelques atomes :

$$\chi(\text{H}) = 2,1 ; \chi(\text{C}) = 2,5 ; \chi(\text{S}) = 2,5 ; \chi(\text{O}) = 3,5.$$

Q10. Justifier que la molécule de dioxyde de carbone est apolaire, tandis que les molécules d'eau et de dioxyde de soufre sont polaires.

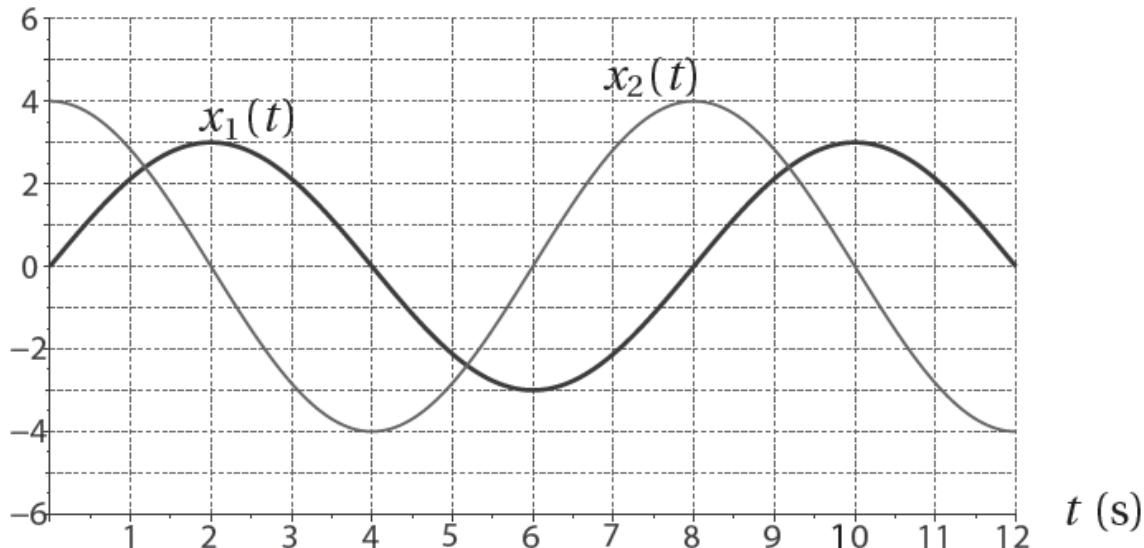
Q11. En analysant les interactions intermoléculaires, justifier qualitativement les données du tableau ci-dessous, recueillies sous une pression $P = 1$ bar.

Molécule	CO_2	SO_2
Température de changement d'état ($^{\circ}\text{C}$)	-78,5 (sublimation)	-10,0 (ébullition)
Solubilité dans l'eau à 20°C ($\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	1,7	94

Partie III - Déphasage entre deux signaux sinusoïdaux

On représente ci-dessous les signaux $x_1(t) = X_1 \cos(\omega t)$ et $x_2(t) = X_2 \sin(\omega t)$:

x (cm)



Q12. Justifier que ces deux signaux sont périodiques.

Q13. Déterminer graphiquement leur période T ainsi que les amplitudes X_1 et X_2 .

Q14. Déterminer quel signal est en avance de phase sur l'autre.

Q15. Déterminer le déphasage $\Delta\phi$ du signal $x_2(t)$ par rapport au signal $x_1(t)$.

Partie IV - Observations au microscope à force atomique

Inventé en 1985 par Gerd Binnig et Christoph Gerber (colauréats du Prix Nobel de Physique 1986), le microscope à force atomique (AFM pour "atomic force microscope") repose sur l'analyse point par point de la surface d'un objet au moyen d'un balayage via une sonde locale, assimilable à une pointe effilée, positionnée à l'extrémité libre d'un micro-levier flexible.

La technique AFM exploite l'interaction entre les atomes de l'apex nanométrique d'une pointe et les atomes à la surface de l'échantillon.

Elle permet d'analyser des zones allant de quelques nanomètres à quelques micromètres de côté, et de détecter les zones de forte densité électronique.

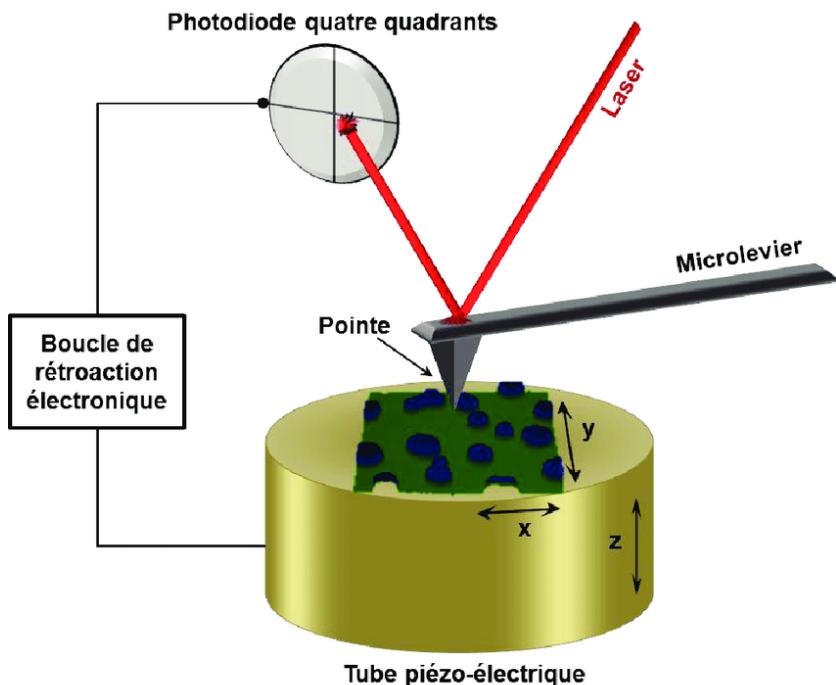


FIGURE 2 – Schéma de principe d'un microscope à force atomique

Les images de molécules de pentacène ($C_{22}H_{14}$) ci-dessous ont été obtenues avec un microscope à force atomique.

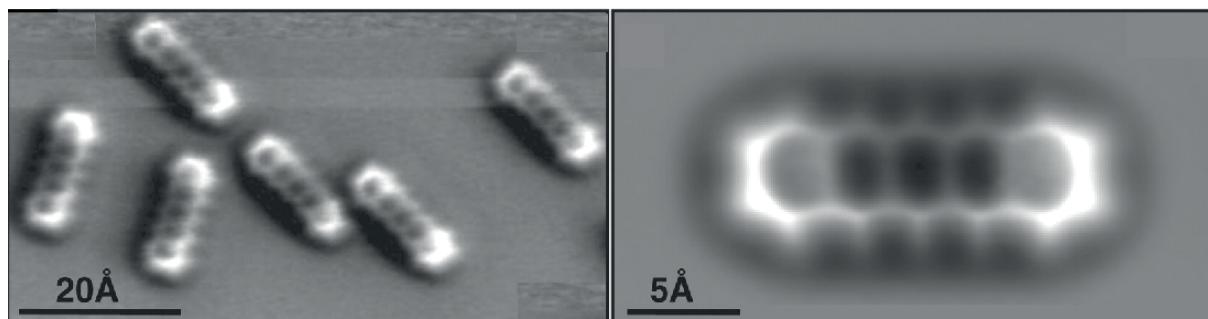


FIGURE 3 – Molécules de pentacène observées au microscope à force atomique

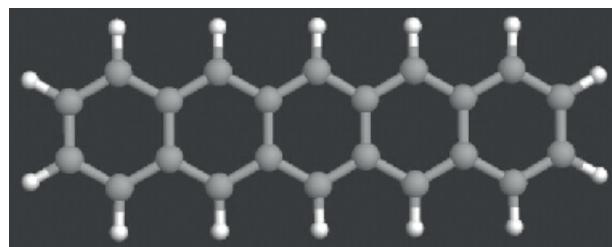


FIGURE 4 – Modèle moléculaire du pentacène

Q16. Sachant que $1\text{\AA} = 10^{-10}\text{m}$, évaluer la longueur en mètre d'une liaison covalente entre deux atomes de carbone.

Le microscope à force atomique a permis de faire des observations auparavant impossibles, comme celle d'une liaison intermoléculaire de faible intensité.

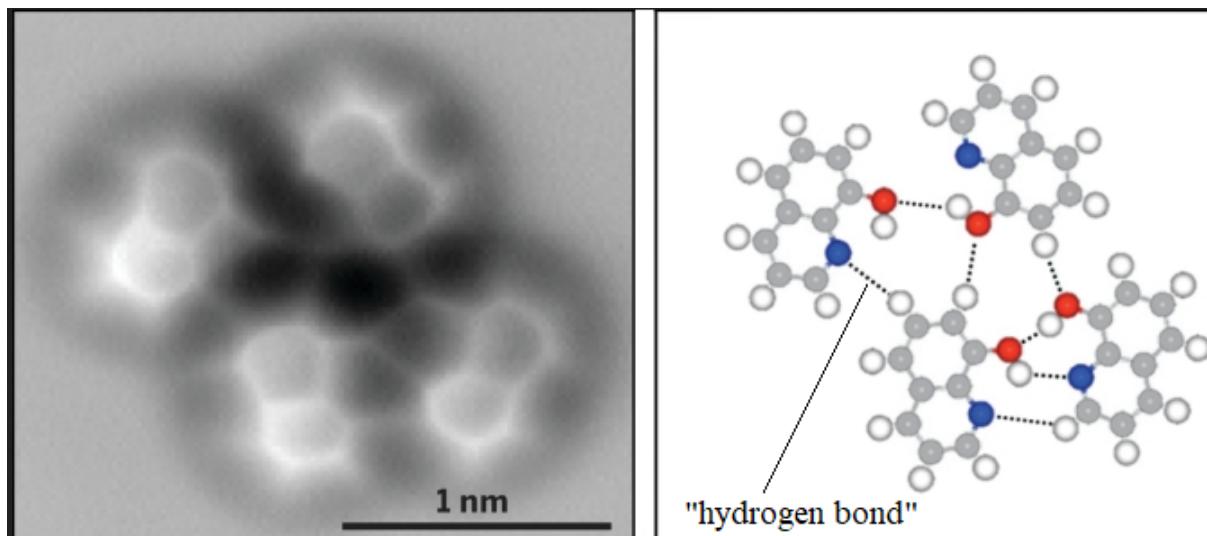


FIGURE 5 – Gauche : observation au microscope à force atomique datant de 2013 ; droite : modèle

Q17. Donner en français le nom de la liaison intermoléculaire de faible intensité appelée "hydrogen bond" en anglais. Rappeler ses principales caractéristiques.

Q18. Évaluer la longueur en mètre de cette liaison.

Partie V - Résolution de problème

La question ci-dessous n'est pas guidée. Le barème valorise la prise d'initiative et tient compte du temps nécessaire à sa résolution. Il est demandé d'expliquer clairement la démarche, les choix effectués et de les illustrer, le cas échéant, par un schéma.

Q19. Estimer l'ordre de grandeur du nombre de molécules dans une goutte d'eau.

Données :

- ▷ constante d'Avogadro : $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$;
- ▷ masses molaires atomiques : $M_H = 1,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $M_O = 16,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

FIN