

DEVOIR SURVEILLE de Chimie 2025

durée 2 heures

calculatrice autorisée

I -Structure du silicium

Numéros atomiques Z : $H = 1$; $O = 8$; $Si = 14$; $Cl = 17$.

1. Écrire, **en la justifiant**, la configuration électronique à l'état fondamental de l'atome de silicium : Si.
2. Préciser ses électrons de cœur et de valence.
3. En déduire sa position dans la classification périodique de Mendeleïev (numéro de période = ligne et numéro de colonne).
4. Citer un élément chimique très répandu qui possède la même configuration de valence.
5. Le silicium intervient naturellement dans de nombreux composés : SiO_2 , $Si(OH)_4$, $SiCl_4$.

Donner la structure de Lewis pour chacun de ces composés dans lesquels l'atome de silicium est central.

II Cristallographie du chlorure de sodium (inspiré de CCINP SESSION 2015 FILIERE TSI)

Le chlore a pour symbole ${}^{35}_{17}Cl$.

6. Donner la composition d'un atome de cet élément.
7. Donner la configuration électronique du chlore dans son état fondamental.
8. En déduire la formule de l'ion monoatomique le plus stable de cet élément. Justifier.

Le chlorure de sodium cristallise sous la forme d'un réseau cubique faces centrées.

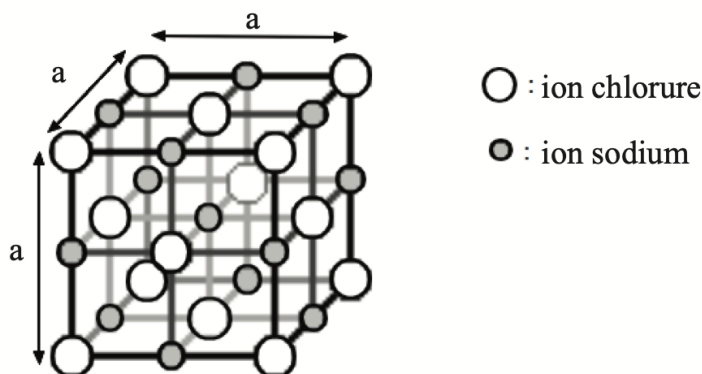


Figure 3 - Structure cristallographique du chlorure de sodium

9. A l'aide de la figure 3, déterminer le nombre d'ions chlorure et d'ions sodium dans une maille.

10. Les ions Na^+ et Cl^- sont tangents entre eux suivant une arête a . On donne $R_{Na^+} = 97 \text{ pm}$, $R_{Cl^-} = 181 \text{ pm}$ et $a = 556 \text{ pm}$. Trouver une relation entre a et les rayons. Vérifier avec les données numériques.

11. Exprimer la masse volumique $\rho(\text{NaCl})$ du chlorure de sodium. Indiquer ensuite la valeur numérique correcte parmi les valeurs suivantes :

$$\rho(\text{NaCl}) = 2,16 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3} ; \rho(\text{NaCl}) = 216 \text{ g}\cdot\text{dm}^{-3} ; \rho(\text{NaCl}) = 21,6 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}.$$

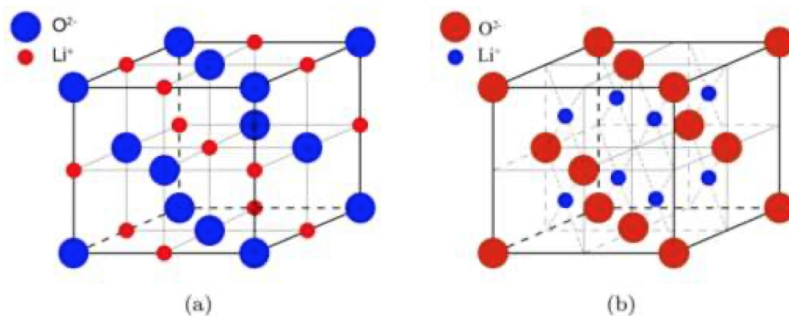
Données :

Masses molaires: $M(\text{Na}) = 23 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $M(\text{Cl}) = 35,5 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$. Constante d'Avogadro: $N_A = 6,02\cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

III Le lithium et son oxyde

La combustion du lithium forme de l'oxyde de lithium. On propose, pour cet oxyde, les structures cristallines représentées ci-dessous.

12. Quelle est alors la seule structure cristalline envisageable parmi les deux proposées ? Pour répondre à cette question, déterminer les populations : $N(\text{Li}^+)$ et $N(\text{O}^{2-})$ et vérifier la neutralité.



13. Donner alors la formule de l'oxyde de lithium.

IV Réactions

Une bouteille de gaz butane contient 40,0 kg de gaz de formule C_4H_{10} .

14. Ecrire l'équation chimique de la combustion complète de ce gaz dans le dioxygène $\text{O}_{2(g)}$ sachant qu'il se forme du dioxyde de carbone $\text{CO}_{2(g)}$ et de l'eau $\text{H}_2\text{O}_{(g)}$.

15. Réaliser le tableau d'avancement et déterminer le volume de gaz nécessaire à cette combustion et le volume des gaz produits.

Donnée : volume molaire dans les conditions de l'expérience : $25,0 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}$.

Masses molaires: $M(\text{C}) = 12 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $M(\text{H}) = 1 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

On mélange 100 mL d'une solution aqueuse de sulfate de cuivre de concentration $c_1 = 0,5 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ et 80 mL d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+ + \text{HO}^-$) de concentration $c_2 = 2 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

L'équation de la réaction de précipitation est : $\text{Cu}^{2+}_{(aq)} + 2 \text{HO}^-_{(aq)} \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_{2(s)}$

16. Dresser le tableau d'avancement.

17. Déterminer le réactif limitant et calculer $x_{\max}$

18. Calculer la masse de précipité.

19. Quelle est la concentration finale en ions HO^- s'il n'y a pas de variation du volume ?

V Etude d'une paire de jumelles

Démontée (voir figure 1a), la paire de jumelles se trouve être constituée d'éléments optiques assez simples : des lentilles convergentes et divergentes ainsi que des prismes dans la zone masquée.

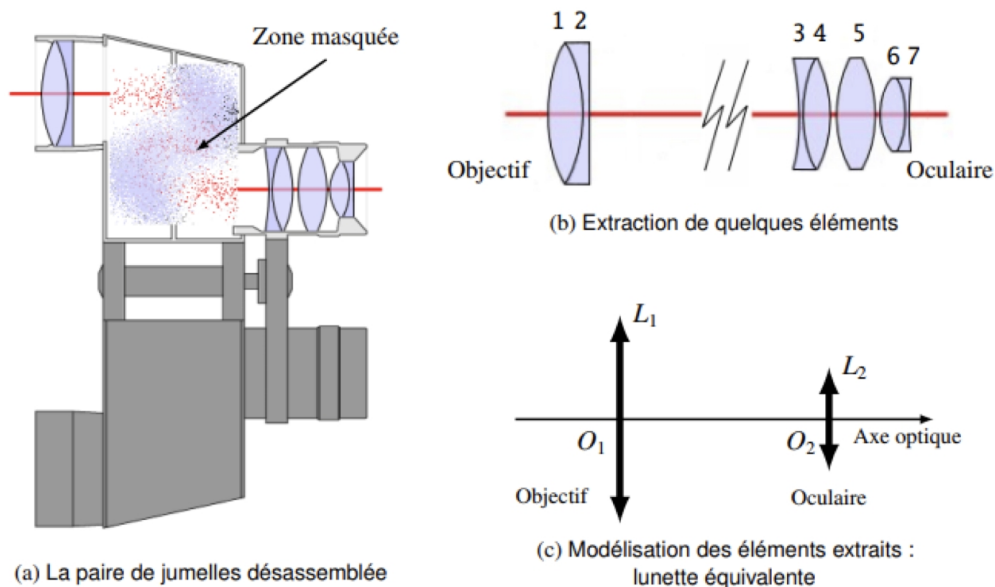


FIGURE 1 – La paire de jumelles et sa modélisation

On s'intéresse ici aux groupes de lentilles que nous modéliserons, en entrée et en sortie, par deux lentilles minces convergentes. La modélisation est présentée en figure c.

On note f'_1 et O_1 (respectivement f'_2 et O_2) la distance focale image et le centre de l'objectif (respectivement de l'oculaire). Données : $f'_2 = 1 \text{ cm}$ et $f'_1 = 7 \text{ cm}$.

20. L'utilisation d'une lentille impose d'être dans les conditions de Gauss, énoncer ces conditions.

21. La lunette équivalente est réglée de manière à constituer un système afocal. Un système est afocal lorsque des rayons parallèles à l'entrée ressortent parallèles à la sortie. Cela se produit lorsque : $F'_1 = F_2$, c'est-à-dire le foyer image de l'objectif coïncide avec le foyer objet de l'oculaire. Quel avantage présente ce réglage pour un être humain ?

22. On appelle longueur ou encombrement, la grandeur $e = O_1O_2$ entre les centres optiques des deux lentilles. En déduire e en fonction de f'_1 et f'_2 .

23. Représenter à l'échelle 1, la lunette équivalente afocale en plaçant l'objectif à gauche de l'oculaire. Tous les foyers doivent être positionnés et visibles. Poursuive le tracé du rayon lumineux arrivant sur l'objectif et incliné d'un angle θ par rapport l'axe optique (**annexe à reproduire à l'échelle avec le tracé du rayon complet**). On notera θ' l'angle, par rapport à l'axe optique, du rayon correspondant, émergeant de l'oculaire.

24. Établir, à l'aide de cette représentation, l'expression algébrique du grossissement, noté $G = \frac{\theta'}{\theta}$ en fonction de f'_1 et f'_2 . Calculer G avec les valeurs données.

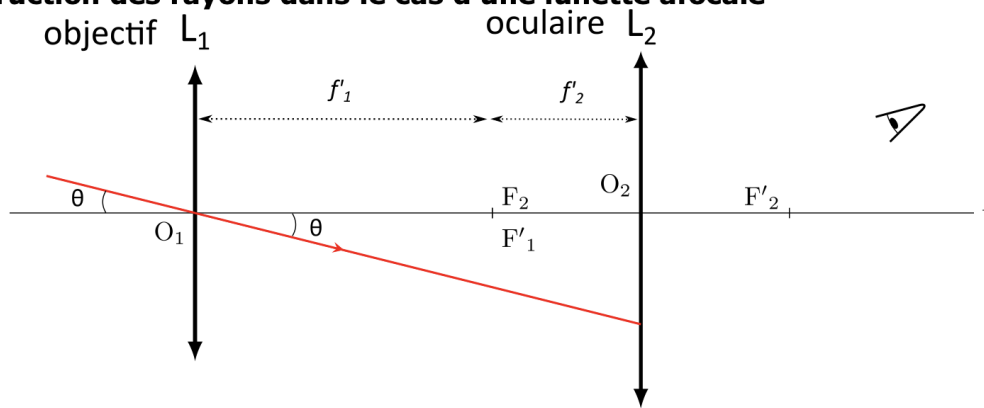
Sur la paire de jumelles, on lit l'indication 7 x 50. Cela signifie que le grossissement est de 7 et le diamètre de l'objectif a pour valeur $D = 50 \text{ mm}$.

25. On appelle cercle oculaire, l'image de l'objectif à travers l'oculaire. Le cercle oculaire est situé dans le plan focal image de l'oculaire, c'est-à-dire à la distance f'_2 à droite de l'oculaire (position appelée C). Quel est son diamètre DC? Quel est l'intérêt de placer l'œil au centre du cercle oculaire ?

FIN

ANNEXE

Construction des rayons dans le cas d'une lunette afocale



Corrigé du DS

Barème

I - Structure du silicium

1. Configuration électronique (état fondamental) Si ($Z = 14$) : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$.

2. Électrons de cœur et de valence

Électrons de **cœur** : ceux des couches internes $\rightarrow 1s^2 2s^2 2p^6 = 10$ électrons.

Électrons de **valence** : ceux de la couche $n = 3 \rightarrow 3s^2 3p^2 = 4$ électrons de valence.

3. Position dans la classification périodique

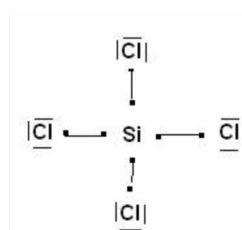
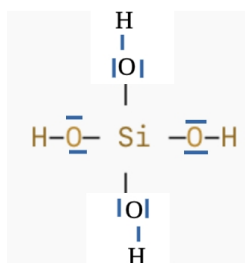
- **période : 3** (couche principale $n = 3$).
- **colonne / groupe : groupe 14 (ou IV A)** — élément du groupe du carbone.

4. Élément très répandu ayant la même configuration de valence. **Le carbone (C)** (configuration de valence $2s^2 2p^2$ pour la couche de valence, même nombre d'électrons de valence = 4).

5. Structures de Lewis (Si central)

- SiO_2 (forme moléculaire simplifiée) : structure linéaire avec double liaisons $\text{O}=\text{Si}=\text{O}$

- **Si(OH)_4** (orthosilicique — Si central tétraédrique) : Si lié à quatre groupes OH par liaisons simples



- **SiCl_4** (tétrachlorure de silicium) : Si tétraédrique avec 4 liaisons simples Si-Cl. Chaque Cl porte 3 paires non liantes.

II Cristallographie du chlorure de sodium (inspiré de CCINP SESSION 2015 FILIERE TSI)

6. Composition d'un atome $^{35}_{17}\text{Cl}$: 17 protons, 18 neutrons ($35 - 17$), 17 électrons.

7. Configuration électronique du chlore ($Z=17$) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$.

8. Ion monoatomique le plus stable : Cl^- (gain d'un électron $\rightarrow$ gaz noble Ar).

9. Nombre d'ions Cl^- et Na^+ dans la maille NaCl (structure cubique à faces centrées)

Dans la maille représentée (NaCl) :

Les ions chlorure Cl^- occupent les sommets (8) et les centres de faces (6) d'un cube CFC.

- Contribution des sommets : $8 \times 1/8 = 1$ ion par maille.
- Contribution des faces : $6 \times 1/2 = 3$ ions par maille.
- Total $\text{Cl}^- = 1 + 3 = 4$ ions par maille.

Les ions sodium Na^+ occupent les sites octaédriques : le centre de la maille (1 entier) et les milieux des 12 arêtes.

- Contribution du centre : 1 ion par maille.
- Contribution des arêtes : $12 \times 1/4 = 3$ ions par maille.
- Total $\text{Na}^+ = 1 + 3 = 4$ ions par maille.

Conclusion : il y a 4 ions Cl^- et 4 ions Na^+ par maille, ce qui assure la neutralité électrique de la maille ($4 \times (-1) + 4 \times (+1) = 0$).

10. Relation entre a et les rayons

Sur une arête du cube NaCl, un ion Na^+ et un ion Cl^- sont tangents. Donc la longueur de l'arête vaut la somme des diamètres des deux ions : $a = 2(R_{\text{Na}^+} + R_{\text{Cl}^-})$

Vérification numérique avec $R_{\text{Na}^+} = 97 \text{ pm}$ et $R_{\text{Cl}^-} = 181 \text{ pm}$:

$a = 2(97 + 181) = 2 \times 278 = 556 \text{ pm}$, ce qui concorde exactement avec la valeur donnée $a = 556 \text{ pm}$.

11. Masse volumique $\rho(\text{NaCl})$

Dans la structure NaCl il y a 4 NaCl par maille (4 Cl^- et 4 Na^+ par maille).

Masse par maille (en grammes) :

$$m_{\text{maille}} = 4 (M(\text{Na}) + M(\text{Cl})) / N_A$$

Volume de la maille (en cm^3) : convertir $a = 556 \text{ pm}$ en cm.

$$1 \text{ pm} = 10^{-10} \text{ cm} \Rightarrow a = 556 \times 10^{-10} \text{ cm} = 5,56 \times 10^{-8} \text{ cm}$$

$$V_{\text{maille}} = a^3 = (5,56 \times 10^{-8})^3 \text{ cm}^3$$

$$\underline{\rho = 2,26 \text{ g/cm}^3}.$$

III Le lithium et son oxyde

12. (a) et (b) proposent deux organisations possibles des ions Li^+ et O^{2-} . Le but est de déterminer quelle est la structure correcte en comptant les ions et en vérifiant la neutralité électrique.

Structure (a)

Les ions O^{2-} (gros) sont disposés aux sommets et aux centres de faces $\rightarrow$ c'est une maille cubique à faces centrées (CFC). Les ions Li^+ (petits) occupent tous les sites tétraédriques de ce réseau.

Comptage des ions :

- dans une maille CFC : $8/8 + 6/2 = 4$ ions O^{2-} par maille.

- 8 sites tétraédriques au total, tous les sites tétraédriques sont occupés par des Li^+ , on a : 8 Li^+

Structure (b)

Les ions O^{2-} (gros) semblent former la maille CFC : 4. Les ions Li^+ (petits) occupent les sites octaédriques : $12/4 + 1 = 4$

Comptage des ions:

4 Li^+ pour 4 $\text{O}^{2-} \rightarrow$ ne respecte pas la formule chimique Li_2O .

La structure (b) est incorrecte.

13. La structure (a) = structure correcte de l'oxyde de lithium (Li_2O) : 8 Li^+ pour 4 $\text{O}^{2-} \rightarrow$ formule Li_2O , électriquement neutre.

IV Réactions

14 Equation chimique : $2 \text{C}_4\text{H}_{10} + 13 \text{O}_2 \rightarrow 8 \text{CO}_2 + 10 \text{H}_2\text{O}$

15 Déterminons les quantités de matière à l'état initial :

$$m(\text{C}_4\text{H}_{10}) = 40 \text{ kg} = 40.10^3 \text{ g} ; M(\text{C}_4\text{H}_{10}) = 4 \times 12 + 10 \times 1 = 58 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$n(\text{C}_4\text{H}_{10}) = m / M \Rightarrow n = 40.10^3 / 58 = 689,6 \text{ mol}$$

Tableau d'avancement de la transformation :

	$2 \text{C}_4\text{H}_{10}$	+	13O_2	$\rightarrow$	8CO_2	+	$10 \text{H}_2\text{O}$
Etat initial $x = 0 \text{ mol}$	689,6		n		0		0
En cours de transformation x	$689,6 - 2x$		$n - 13x$		$8x$		$10x$
Etat final $x_{\text{max}} = 344,8 \text{ mol}$	0		0		$2,76.10^3$		$3,45.10^3$

Recherche de l'avancement maximal x_{max} :

Tout le butane est consommé : $689,6 - 2x = 0 \Rightarrow x_{\text{max}} = 344,8 \text{ mol}$

Volume d' O_2 nécessaire :

$$n - 13x = 0 \Rightarrow n = 13x \Rightarrow n = 13 \times 344,8 = 4,48.10^3 \text{ mol} \quad V = n \times V_m \Rightarrow V(\text{O}_2) = 1,12.10^5 \text{ L} = \underline{\underline{112 \text{ m}^3}}$$

Volume de gaz produit :

$$V(\text{CO}_2) = 2,76.10^3 \times 25 = 6,90.10^4 \text{ L} = \underline{\underline{69 \text{ m}^3}} ; V(\text{H}_2\text{O}) = 3,45.10^3 \times 25 = 8,62.10^4 \text{ L} = \underline{\underline{86,2 \text{ m}^3}}$$

16 On commence par calculer les quantités de matière des espèces introduites.

$$\text{Pour } \text{Cu}^{2+} : n_1 = c_1 V_1 = 0,5 \times 0,1 = 0,05 \text{ mol}$$

$$\text{Pour } \text{HO}^- : n_2 = c_2 V_2 = 2 \times 0,08 = 0,16 \text{ mol}$$

On peut commencer à dresser le tableau d'avancement :

		$\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$	+	$2 \text{HO}^-_{(\text{aq})}$	$\rightarrow$	$\text{Cu(OH)}_{2(\text{s})}$
État initial en mol	$x = 0$	0,05		0,16		0
Etat intermédiaire en mol	x	$0,05 - x$		$0,16 - 2x$		x
Etat final en mol	x_{max}					

Le réactif limitant est celui qui est totalement consommé, c'est-à-dire celui pour lequel la quantité est nulle dans l'état final.

$$\text{Si } \text{Cu}^{2+} \text{ est le réactif limitant : } 0,05 - x_{\text{max}} = 0 \Rightarrow x_{\text{max}} = 0,05 \text{ mol}$$

$$\text{Si } \text{HO}^- \text{ est le limitant : } 0,16 - 2x_{\text{max}} = 0 \Rightarrow x_{\text{max}} = 0,08 \text{ mol}$$

On retient la plus petite valeur de x_{max} : le réactif limitant est Cu^{2+} et $x_{\text{max}} = 0,05 \text{ mol}$.

Le tableau complet est :

		$\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$	+	$2 \text{HO}^-_{(\text{aq})}$	$\rightarrow$	$\text{Cu(OH)}_{2(\text{s})}$
État initial en mol	$x = 0$	0,05		0,16		0
Etat intermédiaire en mol	x	$0,05 - x$		$0,16 - 2x$		x
Etat final en mol	$x_{\text{max}} = 0,05$	0		0,06		0,05

Calcul de la masse de précipité : on peut lire dans le tableau que la quantité de matière de précipité Cu(OH)_2 est $n_3 = 0,05 \text{ mol}$.

$$m_3 = n_3 M_3 \text{ avec } M_3 = M_{\text{Cu}} + 2 (M_{\text{O}} + M_{\text{H}}) = 63,5 + 2 \times (16 + 1) = 97,5 \text{ g.mol}^{-1}.$$

$$m_3 = n_3 M_3 = 0,05 \times 97,5 = 4,88 \text{ g}$$

Concentration finale en ions HO^- : on peut lire dans le tableau que la quantité finale de matière d'ions hydroxyde est $n_4 = 0,06 \text{ mol}$ avec $V = V_1 + V_2 = 100 + 80 = 180 \text{ mL}$.

$$[\text{HO}^-]_{\text{final}} = \frac{n_4}{V_4} = \frac{0,06}{0,18} = 0,333 \text{ mol.L}^{-1}$$

V Etude d'une paire de jumelles

20. Conditions de Gauss

Les rayons lumineux doivent faire de faibles angles avec l'axe optique (approximation des petits angles). Les objets et les images doivent être proches de l'axe optique (rayons paraxiaux).

21. L'œil peut observer une image située à l'infini → observation confortable et sans fatigue visuelle.

22. Dans un système afocal : $F'_1 = F_2$, donc $e = f'_1 + f'_2$

Application : $e = 8 \text{ cm}$

23. Grossissement angulaire

Le grossissement d'une lunette afocale est défini par : $G = \alpha'/\alpha$. À l'aide du schéma,

$G = \frac{(\theta')}{\theta}$ $G = f'_1 / f'_2$. Calcul de G avec les valeurs données : $G = -7$. Le signe négatif indique que l'image est renversée. Le module de G montre que la lunette grossit 7 fois.

24. Image de l'objectif à travers l'oculaire.

Cercle oculaire = point C → C est le foyer image de l'oculaire (F'_2).

Son diamètre DC → $DC = D|G$, où D est le diamètre de l'objectif.

Pour des jumelles 7×50 : $D = 50 \text{ mm}$ et $|G| = 7 \Rightarrow DC = 50 / 7 \approx 7,1 \text{ mm} \Rightarrow DC \approx 7,1 \text{ mm}$

25. Intérêt de placer l'œil au centre du cercle oculaire → C'est à cet endroit que tout le faisceau lumineux entre dans la pupille de l'œil : luminosité maximale et champ de vision complet.

$$\tan \theta = AB/f'_1 \approx \theta$$

$$\tan \theta' = AB/f'_2 \approx \theta'$$

$$G = \theta' / \theta = (AB/f'_2) / (AB/f'_1) = f'_1 / f'_2.$$

Construction des rayons dans le cas d'une lunette afocale

