

**INSTRUCTIONS AUX CANDIDATS**

- La clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviennent pour une part importante dans l'appréciation des copies.
- **L'usage de la calculatrice est INTERDIT.** Tout résultat numérique devra être simplifié au maximum en utilisant les aides au calcul fournies en fin de sujet.
- Les schémas demandés doivent être soignés et comporter les légendes appropriées.

**Exercice 1****Électrons et Tableau Périodique (5 pts) (★)**

On étudie les éléments Sodium ( $Z = 11$ ) et Chlore ( $Z = 17$ ).

**Q1** Établir la configuration électronique du sodium ( $Z = 11$ ) et du chlore ( $Z = 17$ ) dans leur état fondamental.

**Q2** Justifier, à l'aide des électrons de valence, la formation préférentielle des ions  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$ .

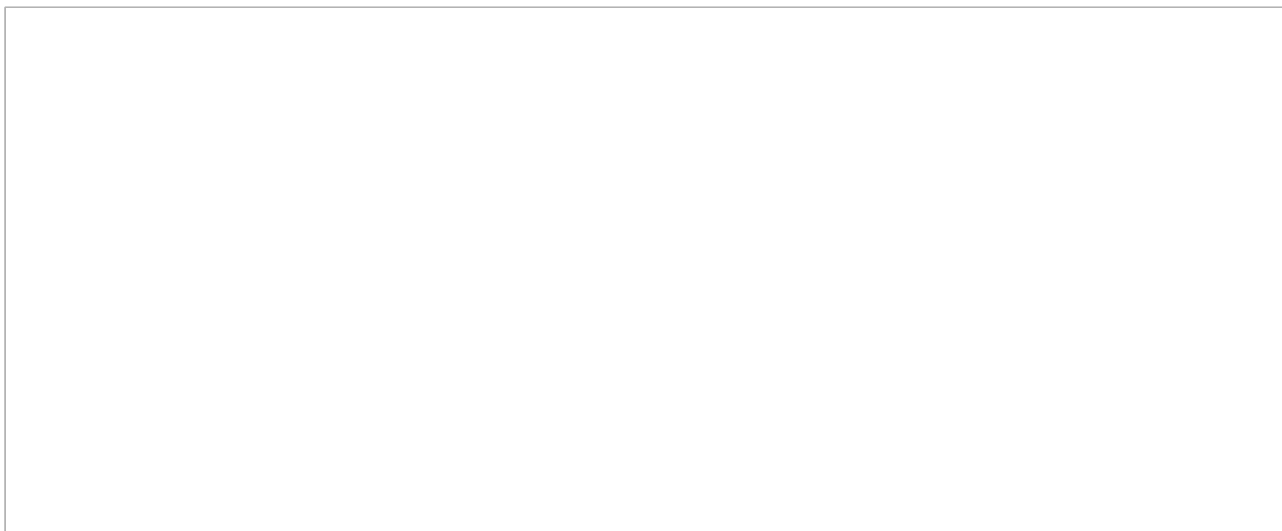
**Q3** Situer ces deux éléments dans le tableau périodique (numéro de ligne et de colonne).

**Exercice 2** Le Chlorure de Sodium (7 pts) (★ ★)

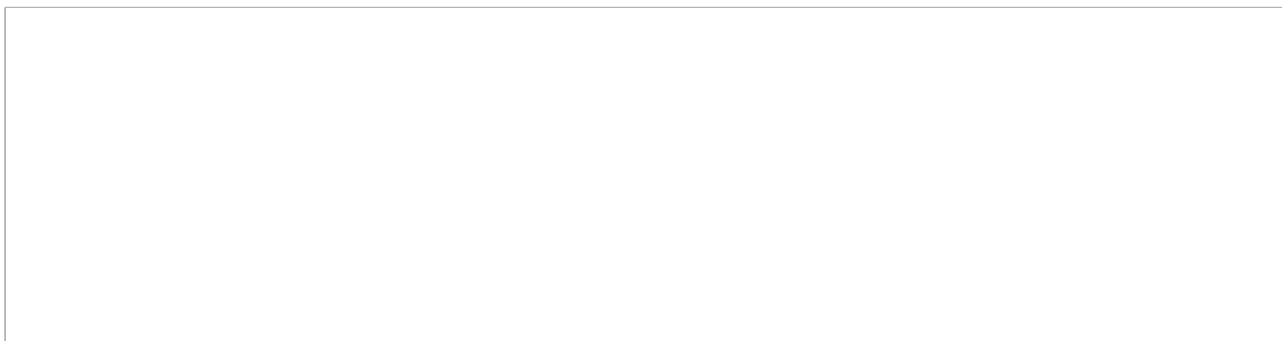
Le sel de table (NaCl) cristallise dans le système cubique. Sa structure est décrite de la manière suivante :

- Les ions chlorure  $\text{Cl}^-$  occupent les **sommets** du cube ainsi que les **centres des faces**.
- Les ions sodium  $\text{Na}^+$  occupent le **centre du cube** ainsi que le **milieu de chacune des arêtes**.

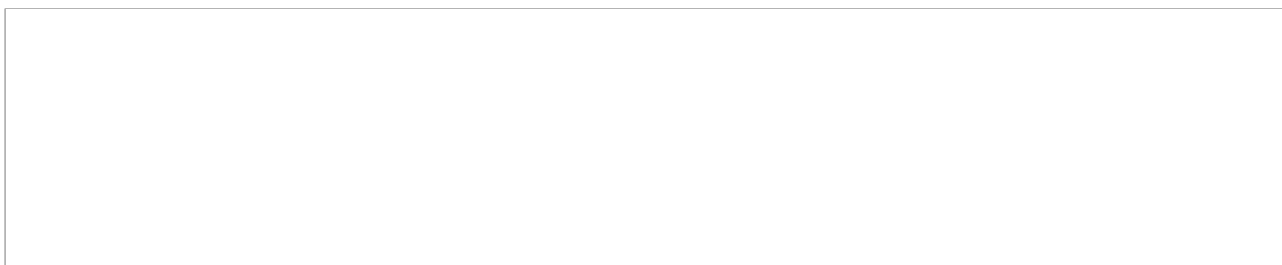
**Q1** Dessiner la maille en perspective. On représentera les  $\text{Cl}^-$  par des cercles vides et les  $\text{Na}^+$  par des disques pleins.



**Q2** En comptant les contributions de chaque position (sommet, face, arête, centre), déterminer le nombre d'ions de chaque type par maille.



**Q3** Établir la condition de contact entre les ions le long d'une arête du cube. En déduire une relation entre le paramètre de maille  $a$ , le rayon  $r(\text{Na}^+)$  et le rayon  $r(\text{Cl}^-)$ .



**Q4** Sachant que  $a = 564$  pm, calculer la distance minimale séparant le centre d'un ion sodium du centre d'un ion chlorure.

**Exercice 3****Propriétés Physiques du Fer  $\alpha$  (8 pts) (★ ★ ★)**

Le fer pur, à température ambiante (fer  $\alpha$ ), cristallise dans une structure cubique centrée (CC).

**Q1** Représenter la maille du fer  $\alpha$  et identifier le point auquel les atomes sont en contact.

**Q2** Démontrer que la relation entre le paramètre de maille  $a$  et le rayon atomique  $R$  est :  $a = \frac{4R}{\sqrt{3}}$ .

**Q3** Calculer la compacité  $C$  d'une maille cubique centrée. On l'exprimera en fonction de  $\pi$  et  $\sqrt{3}$ .

**Q4** Exprimer la masse volumique  $\rho$  du fer  $\alpha$ . En utilisant les données ci-dessous, calculer sa valeur en  $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ .

#### Données

- $M_{Fe} \approx 56 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$
- $N_A \approx 6,0 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
- $a_{Fe} \approx 3,0 \cdot 10^{-8} \text{ cm}$  (valeur simplifiée pour le calcul)
- $3^3 = 27$
- $\frac{112}{16,2} \approx 6,9$
- $\sqrt{3} \approx 1,73$ ;  $\pi \approx 3,14$

**CONSIGNES DE L'ÉVALUATION**

- La précision des calculs et la justification des formules littérales sont attendues.
- **Calculatrice INTERDITE.** Une section d'aide numérique est disponible en fin de page.
- Soignez vos schémas : utilisez des couleurs ou des styles de traits différents pour distinguer les espèces chimiques.


** Exercice 1 Autour de l'Aluminium (6 pts) (★)**

L'aluminium ( $Z = 13$ ) cristallise dans une structure cubique à faces centrées (CFC).

**Q1** Donner la configuration électronique de l'atome d'aluminium. Identifier ses électrons de valence.

**Q2** Dessiner la maille de l'aluminium. On rappelle que les atomes occupent les sommets et les centres des faces du cube.

**Q3** En considérant que les atomes sont des sphères de rayon  $R$  en contact suivant la diagonale d'une face, exprimer le paramètre de maille  $a$  en fonction de  $R$ .

 **Exercice 2** Structure de la Fluorine (8 pts) (★ ★)

Le fluorure de calcium  $\text{CaF}_2$  (structure fluorine) est un cristal ionique. La maille est un cube d'arête  $a$  décrit ainsi :

- Les ions calcium  $\text{Ca}^{2+}$  occupent les **sommets** et les **centres des faces** du cube.
- Si l'on divise ce grand cube en 8 "mini-cubes" d'arête  $a/2$ , les ions fluorure  $\text{F}^-$  occupent le **centre exact de chacun de ces 8 mini-cubes**.

**Q1** Représenter la maille en perspective. Utiliser des symboles distincts pour les deux ions.

**Q2** Déterminer le nombre d'ions  $\text{Ca}^{2+}$  et d'ions  $\text{F}^-$  appartenant en propre à la maille.

**Q3** Justifier la formule statistique du composé  $\text{CaF}_2$  à partir des résultats précédents.

**Q4** Calculer la distance la plus courte entre un ion  $\text{Ca}^{2+}$  et un ion  $\text{F}^-$  en fonction de  $a$ . *Indice : cette distance correspond à la moitié de la grande diagonale d'un mini-cube.*

**Exercice 3****Analyse de Masse Volumique (6 pts) (★ ★ ★)**

On souhaite vérifier la pureté d'un échantillon d'aluminium ( $M = 27 \text{ g.mol}^{-1}$ ). On donne son paramètre de maille mesuré par rayons X :  $a = 0,40 \text{ nm}$ . On rappelle également que l'aluminium cristallise dans une maille CFC.

**Q1** Exprimer littéralement la masse volumique  $\rho$  de l'aluminium en fonction de  $Z$  (population),  $M$ ,  $N_A$  et  $a$ .

**Q2** À l'aide des aides au calcul, donner la valeur numérique de  $\rho$  en  $\text{kg.m}^{-3}$ .

 Données

- $N_A \approx 6,0 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
- $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$
- $0,4^3 = 0,064$
- $\frac{108}{38,4} \approx 2,8$
- $\sqrt{3} \approx 1,73$ ;  $\sqrt{2} \approx 1,41$

**CONSIGNES IMPORTANTES**

- Chaque exercice est indépendant, il est toutefois conseillé de les traiter dans l'ordre.
- L'usage des calculatrices, sous quelque forme que ce soit, est **formellement INTERDIT**.  
*Toute utilisation ou présence d'une calculatrice sera sanctionnée par la note de 0/20, l'attribution de 10 heures de colle, et un rendez-vous immédiat avec les responsables légaux.*
- Une aide de calcul se trouve à la du sujet !

**Exercice 1****Étude préliminaire : Structure atomique (5 pts) (★)**

On considère les trois éléments suivants : l'oxygène ( $Z = 8$ ), le titane ( $Z = 22$ ) et le cuivre ( $Z = 29$ ).

**Q1** Donner la composition du noyau (protons et neutrons) pour l'isotope du cuivre  ${}^{63}_{29}\text{Cu}$ .

**Q2** Établir la configuration électronique de l'atome d'oxygène ( $Z = 8$ ) dans son état fondamental. En déduire sa position (période et colonne) dans le tableau périodique.

**Q3** L'atome de titane possède la configuration électronique :  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^2$ . Combien d'électrons de valence possède-t-il ?

**Rappel**

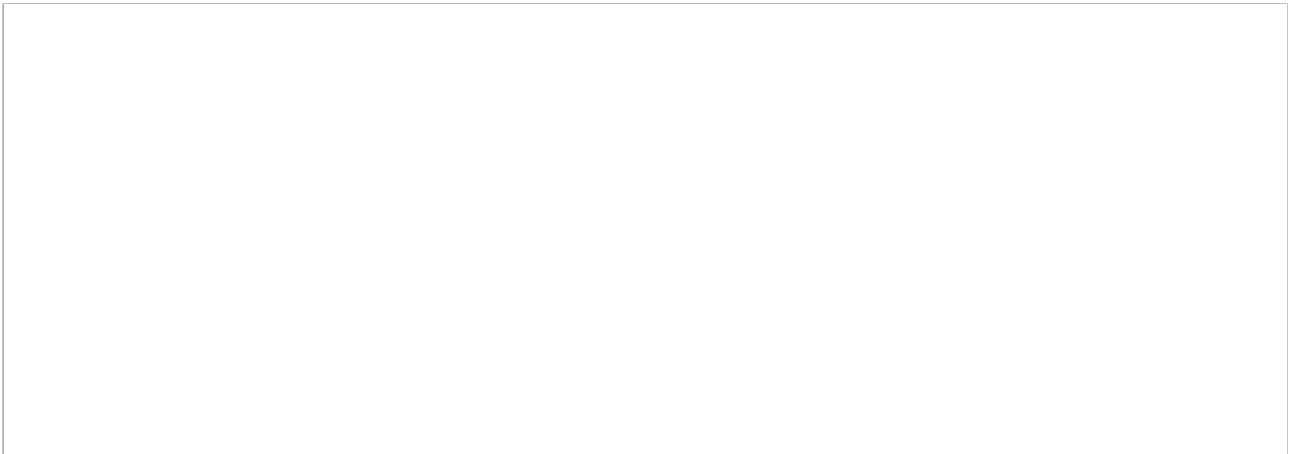
Pour les métaux de transition, les électrons de valence sont ceux de la couche externe et ceux des sous-couches d incomplètes.

**Exercice 2** Le titanate de plomb (7 pts) (★ ★)

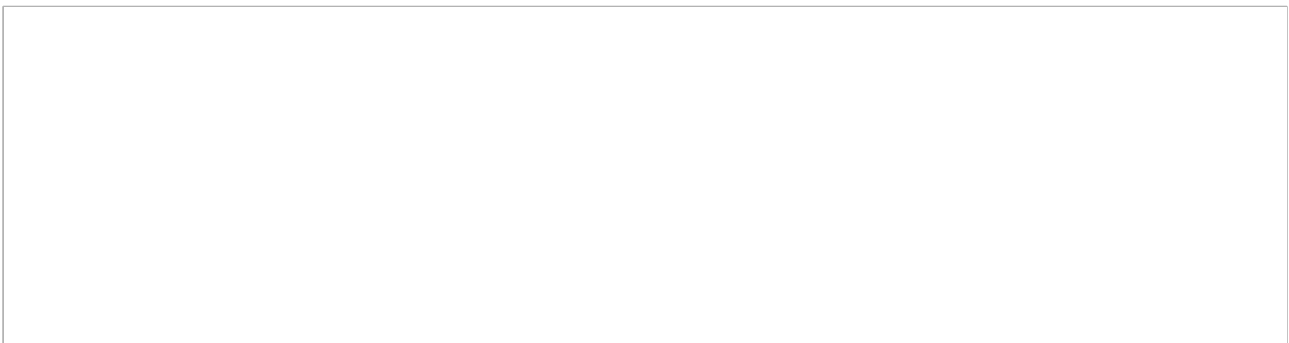
Le titanate de plomb est un solide ionique (structure type perovskite) :

- Les ions plomb  $\text{Pb}^{2+}$  occupent les sommets d'un cube d'arête  $a$ .
- Les ions oxydes  $\text{O}^{2-}$  occupent les centres des faces du cube.
- L'ion titane  $\text{Ti}^{4+}$  occupe le centre du cube.

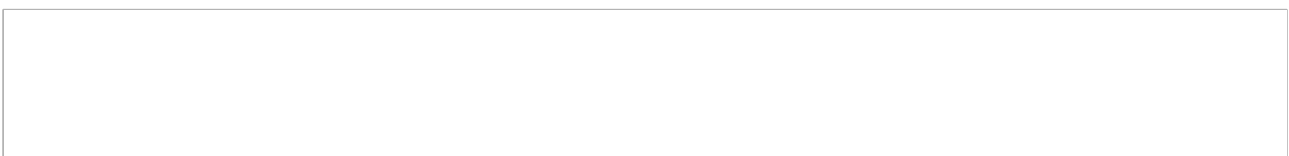
**Q1** Représenter la maille cubique décrite ci-dessus.



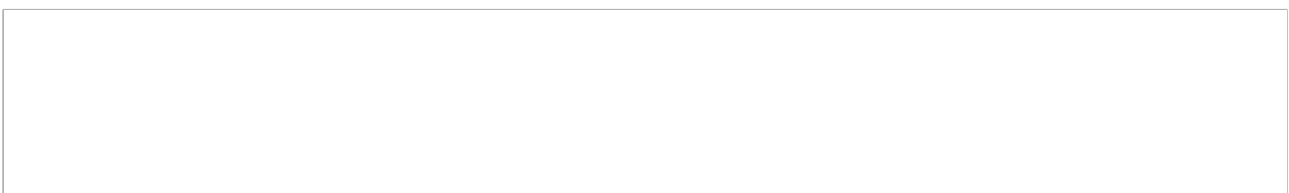
**Q2** Indiquer le nombre d'ions (la population) de chaque type appartenant à la maille.



**Q3** En déduire la formule brute du titanate de plomb.



**Q4** La maille est-elle neutre électriquement ? Justifier.



**Exercice 3** Le cuivre métallique (8 pts) (★ ★ ★)

Le cuivre cristallise dans le système cubique à faces centrées (CFC). On donne  $a = 4 \cdot 10^{-10}$  m. Les atomes sont modélisés par des sphères de rayon  $R$  en contact.

**Q1** Exprimer le rayon atomique  $R$  du cuivre en fonction de  $a$  (*vous vous aiderez de l'expression de la tangente*). En utilisant les aides au calcul, donner la valeur de  $R$  en mètres.

**Q2** Déterminer la population  $Z_C$  du cuivre dans la maille.

**Q3** Qu'est ce que la compacité  $C$ ? Montrer que pour une structure CFC,  $C = \frac{\pi\sqrt{2}}{6}$ .

**Q4** Établir l'expression littérale de la masse volumique  $\rho$  du cuivre. Calculer sa valeur en  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ .

#### Données

- La tangente d'un CFC se fait sur la diagonale d'une face.
- $\sqrt{2} \approx 1,4$
- $N_A \approx 6 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
- $M_{Cu} \approx 60 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$
- $\frac{240}{38,4} \approx 6,25$