



BLAISE PASCAL
PT 2021-2022

Révisions R5

Architecture de la matière

Ressources en ligne

Scanner ou cliquer sur les QR-code pour accéder aux ressources.

- **L'essentiel du cours sous forme de cartes mémo** : cartes réalisées par Christophe Cayssiols.



Cartes utilisables pour ce bloc de révisions : toutes celles du thème « matière ».

- **Qmax : QCM d'applications directes du cours**



Choisir d'abord le mode « j'apprends » puis éventuellement le mode « je révise ». Ces QCM correspondent au programme de PCSI, certaines notions peuvent donc vous être inconnues : me demander en cas de doute.

Thèmes abordés dans ce bloc de révisions : chimie : atomistique, molécules, cristallographie.

Rappels de cours

A - Règles permettant de déterminer la configuration électronique d'un atome

- **Principe d'exclusion de Pauli** : Deux électrons d'un même atome ne peuvent pas avoir leur quatre nombres quantiques deux à deux égaux.

↪ conséquence : une orbitale atomique ne peut pas être occupée par plus de deux électrons, donc un niveau d'énergie s compte au maximum 2 électrons, 6 pour un niveau p , 10 pour un niveau d et 14 pour un niveau f .

- **Règle de Klechkovski** : Les niveaux d'énergie sont remplis par ordre de $n + \ell$ croissant et, en cas d'égalité de $n + \ell$, par ordre de n croissant.

↪ traduction graphique : diagramme en triangle, représenté figure 1.

Rappelons que dans les notations usuelles des niveaux d'énergie, le nombre désigne la valeur de n et la lettre celle de ℓ ($s = 0, p = 1, d = 2, f = 3$).

- **Règle de Hund** : Cette règle explique comment se répartissent les électrons entre orbitales atomiques d'un même niveau d'énergie, elle est donc **inutile** pour déterminer une configuration.

Pour mémoire malgré tout ... Lorsqu'un niveau d'énergie n'est pas complètement rempli, les électrons se répartissent de sorte à occuper le plus d'orbitales possible. Les électrons seuls dans leur orbitale ont tous le même spin.

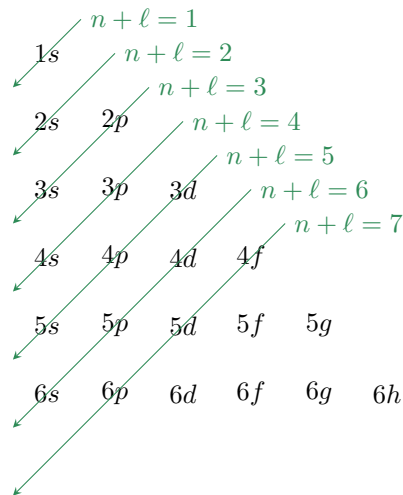


Figure 1 – Ordre de remplissage des orbitales atomiques.

B - Synthèse sur la structure CFC

Une maille CFC, représentée figure 2, est un cube de côté a dont les huit sommets et le centre des six faces sont occupés par des atomes. La population de la maille est de quatre atomes. La coordinence du réseau est de 12. Sa compacité vaut 0,74, c'est-à-dire que 74 % de l'espace est réellement occupé par la matière.

La maille compte quatre sites octaédriques en propre, situés au centre de la maille et au milieu de chaque arête (sites partagés entre plusieurs mailles). Elle compte huit sites tétraédriques, situés au centre de chaque cube huitième de la maille, c'est-à-dire au centre de chacun des huit cubes de côté $a/2$ formant la maille.

Ces résultats sont à connaître par cœur et à savoir redémontrer très vite.



Figure 2 – Structure CFC. Gauche : Schéma de la maille. Droite : Sites interstitiels, octaédrique en rouge et tétraédrique en bleu. Figures extraites de Wikipédia. Version couleur sur le site de la classe.

Questions de cours

Seuls les étudiants du groupe de TD PT* seront interrogés en colle sur les questions marquées d'une étoile, car elles sont plus techniques et/ou moins essentielles ... mais tous les étudiants sont bien sûr invités à les travailler !

R4.1 - Nommer, orthographier correctement, et énoncer les règles permettant de déterminer la configuration électronique d'un atome dans son état fondamental. Les appliquer sur un exemple au choix de l'interrogateur (qui a de bonnes chances de faire partie du bloc d !)

Les exceptions à la règle de Klechkovski (cuivre, chrome, etc.) ne sont pas à connaître, mais les étudiants doivent pouvoir les interpréter en termes de sous-couche totalement ou à moitié remplie.

R4.2 - La configuration électronique d'un élément étant donnée par l'interrogateur, en déduire celle de l'élément situé immédiatement en dessous, au dessus, à sa gauche ou à sa droite dans le tableau périodique.

Deux éléments situés côte à côte dans le tableau périodique ont des numéros atomiques qui diffèrent d'une unité, leur configuration diffère donc d'un électron sur la sous-couche en cours de remplissage. Deux éléments situés l'un au dessus de l'autre ont même configuration de valence, mais sur des couches différentes d'une unité.




*Par exemple, le phosphore a pour configuration $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$;
 > il est situé à gauche du soufre, de configuration $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$;*

▷ il est situé au dessus de l'arsenic, de configuration $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^3$.

R4.4 - Représenter la maille CFC. Déterminer la population et la compacité.

R4.5 - Représenter la maille CFC. Donner les deux types de sites interstitiels, leur localisation et les dénombrer en justifiant. Déterminer leur habitabilité.




Pour s'entraîner


-  Difficulté d'analyse et compréhension, initiative requise ;
-  Difficulté technique et calculatoire ;
-  Exercice important.

Flasher ce code pour accéder aux corrigés



Exercice 1 : Monoxyde de carbone

écrit banque PT 2013 |  2 |  1 | 


-  ▷ Configuration électronique ;
- ▷ Électronégativité
- ▷ Schéma de Lewis.

La molécule de monoxyde de carbone est constituée d'un atome d'oxygène ($Z = 8$) et d'un atome de carbone ($Z = 6$).

- 1 - Nommer et énoncer les règles utiles à l'établissement des configurations électroniques.
- 2 - Donner la configuration électronique de l'atome d'oxygène puis de l'atome de carbone dans leur état fondamental.
- 3 - Expliquer pourquoi le carbone est tétravalent.
- 4 - Quels sont les deux isotopes du carbone les plus répandus sur Terre ? Écrire leur représentation symbolique.
- 5 - Où se situe l'oxygène dans la classification périodique (ligne, colonne) ?
- 6 - Citer un élément situé dans la même colonne que l'oxygène.
- 7 - Proposer une représentation de Lewis possible pour la molécule de monoxyde de carbone en la justifiant par un décompte d'électrons.
- 8 - Comment évolue l'électronégativité au sein d'une ligne du tableau périodique ?
- 9 - La formule de Lewis proposée par vos soins est-elle alors en accord avec les électronégativités du carbone et de l'oxygène ?

Exercice 2 : Autour du soufre et de l'oxygène

adapté écrit PT 2014 |  3 |  1

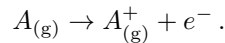
-  ▷ Configuration électronique ;
- ▷ Électronégativité ;
- ▷ Schémas de Lewis.

L'oxygène et le soufre sont deux éléments de la famille des chalcogènes : ils présentent donc des propriétés physico-chimiques comparables, en particulier un caractère non métallique et une forte électronégativité.

À l'état de corps simples, on trouve couramment l'oxygène sous forme de dioxygène O_2 ou d'ozone O_3 et le soufre sous forme de cyclo-octasoufre S_8 . Les deux éléments s'assemblent pour former du dioxyde de soufre SO_2 et du trioxyde de soufre SO_3 .

- 1 - Écrire la configuration électronique à l'état fondamental de l'oxygène O ($Z = 8$) et celle du soufre S ($Z = 16$). En déduire la position de chacun de ces éléments de la classification périodique (ligne et colonne). Combien comptent-ils d'électrons non-appariés ?
- 2 - Indiquer quel anion usuel le soufre peut former.
- 3 - Proposer une représentation de Lewis pour les molécules et ions suivants
 - ▷ dioxygène O_2 ;
 - ▷ radical anion superoxyde O_2^- ;
 - ▷ ozone O_3 ;
 - ▷ dioxyde de soufre SO_2 ;
 - ▷ trioxyde de soufre SO_3 .

On appelle énergie de première ionisation E_i l'énergie à fournir à un atome A à l'état gazeux pour lui arracher un électron et former un ion positif,



Les énergies de première ionisation des éléments de la deuxième période de la classification périodique sont regroupées dans le tableau ci-dessous.

Élément	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
Z	3	4	5	6	7	8	9	10
E_i (eV)	5,32	9,32	8,29	11,26	14,53	13,62	17,42	21,56

4 - Justifier l'évolution générale sur la période, puis interpréter les singularités observées pour le bore et l'oxygène.

Exercice 3 : Oxyde de zirconium solide

écrit PT 2015 |  2 |  2 | 



- ▷ Configuration électronique ;
- ▷ Solides cristallins.

Les piles à combustible à oxyde solide permettent d'avoir en contact deux phases solide et gazeuse, ce qui supprime les problèmes liés à la gestion de trois phases, notamment la corrosion. Les électrodes sont poreuses de façon à permettre un transport rapide des gaz. Un matériau de choix pour l'électrolyte est l'oxyde de zirconium, appelé zircone, stabilisé à l'yttrium. Le zirconium se situe dans la classification périodique dans la colonne du titane ($Z = 22$), immédiatement en dessous de cet élément.

1 - Indiquer la configuration électronique fondamentale du titane et celle du zirconium.

2 - Énoncer les règles utilisées pour établir ces configurations électroniques.

La zircone peut être assimilée à un cristal ionique formé de cations Zr^{4+} et d'anions O^{2-} assimilés à des sphères dures de rayons respectifs r^+ et r^- . Les cations sont distribués aux nœuds d'un réseau cubique faces centrées cfc.

3 - Représenter la maille conventionnelle d'une structure de cations cfc. Indiquer le nombre de cations par maille.

4 - Donner sans démonstration la compacité d'une telle structure dans le cas d'une maille métallique. Commenter.

5 - Indiquer où se situent les sites tétraédriques de cette maille. Combien y en a-t-il ?

6 - Exprimer le rayon maximal r^- de la particule sphérique pouvant s'insérer dans ces sites sans induire de déformation en fonction de a , le paramètre de la maille et de r^+ .

Les anions occupent tous les sites tétraédriques de la maille cfc formée par les cations.

7 - Déterminer le nombre d'anions contenus dans cette maille.

8 - Indiquer alors la formule de la zircone.

9 - Donner la coordinence des anions par rapport aux cations, et des cations par rapport aux anions.

10 - Exprimer la masse volumique de la zircone en fonction du paramètre de maille a , de la masse molaire M_{Zr} du zirconium, de la masse molaire M_O de l'oxygène et du nombre d'Avogadro.

11 - La formule de l'oxyde d'yttrium est Y_2O_3 . En déduire la charge du cation yttrium.

12 - Le dopage consiste à substituer dans la maille élémentaire de l'oxyde de zirconium une fraction molaire x des cations Zr^{4+} par des cations yttrium. Expliquer pourquoi l'électroneutralité de la structure n'est alors pas respectée.

13 - Proposer une modification de la formule chimique impliquant le nombre y d'anions O^{2-} présents dans la zircone dopée à l'oxyde d'yttrium, au moyen de x , pour rétablir cette électroneutralité.