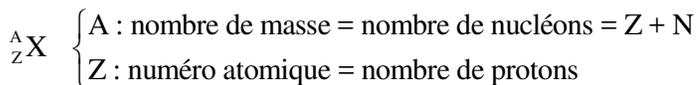
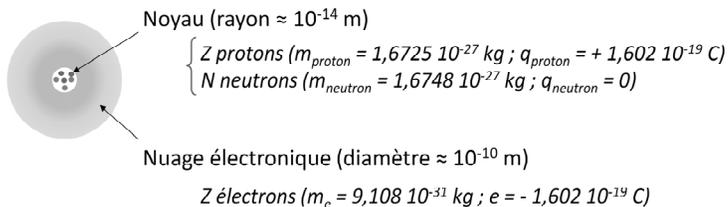


Chapitre I – Structure des atomes

Notions de cours

I.1) L'ATOME

Structure



Elément : un élément X est l'ensemble des atomes et des ions qui ont le même numéro atomique Z.

Atome : un atome est une entité neutre définie par une valeur de Z et de A.

Isotopes : atomes qui ne diffèrent que par le nombre de neutrons.

Masses atomiques : échelle relative des masses = *unité de masse atomique* (notée u). $1 \text{ u} = 1/12$ masse d'un atome ${}^{12}_6\text{C} \Rightarrow$ la masse d'un atome de ${}^{12}_6\text{C}$ est de 12 u.

Mole et nombre d'Avogadro N_A : *une mole* = quantité de matière d'un système contenant autant d'entités élémentaires (atomes, ions, molécules, ...) qu'il y a d'atomes de ${}^{12}_6\text{C}$ dans 12 g de ${}^{12}_6\text{C}$.

Une mole d'atomes contient N_A atomes ($N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$).

Masses atomiques des éléments naturels : la masse d'une mole d'atome naturel = \sum (masses d'une mole de chaque isotope \times son abondance isotopique).

I.2) LES ELECTRONS

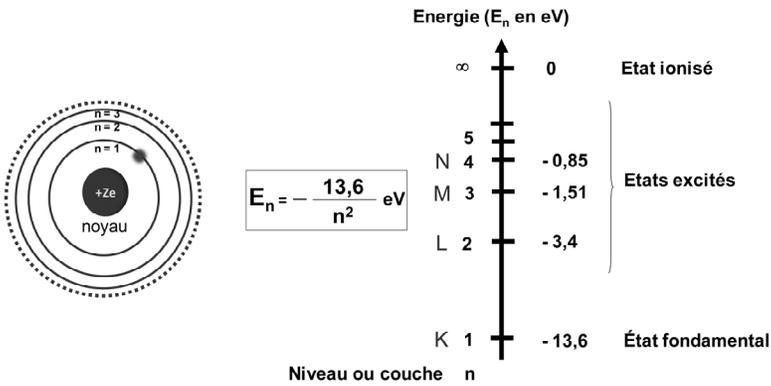
I.2.1) Dualité onde-particule (hypothèse de Max Planck)

Les échanges d'énergie entre la matière et les ondes électromagnétiques sont quantifiés.

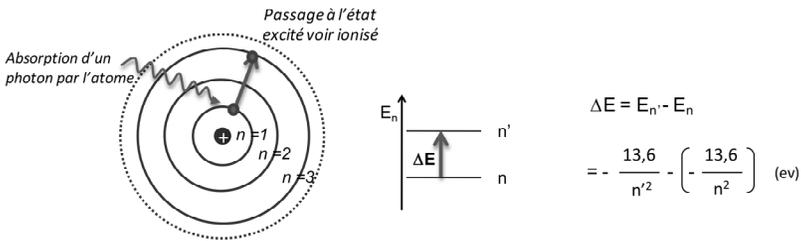
$$E = h\nu$$

Energie du quantum \leftarrow $E = h\nu$ \rightarrow Fréquence du rayonnement (Hz)
 \downarrow
 Constante de Planck
 ($6,62 \times 10^{-34}$ J.s)

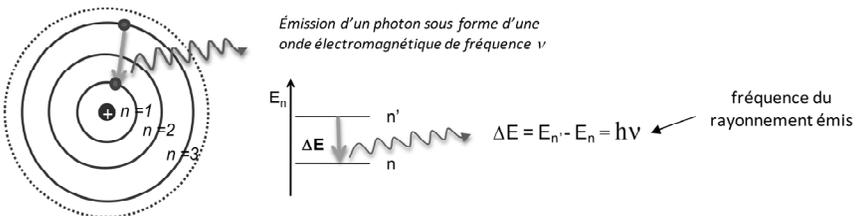
I.2.2) Modèle de Bohr (atome et ions à 1 électron)



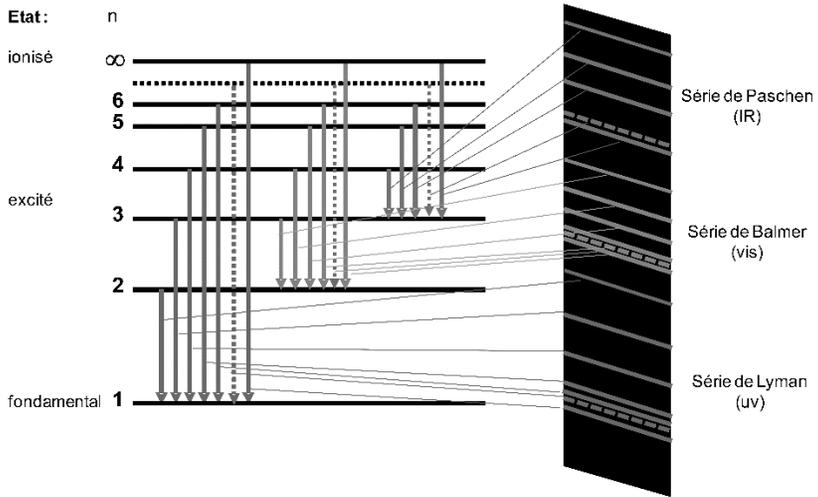
Absorption d'énergie



Emission d'énergie



Spectre d'émission de l'atome d'hydrogène



I.2.3) Fonction d'onde – équation de Schrödinger – nombres quantiques

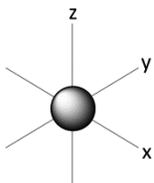
Equation de Schrödinger : $H \Psi = E \Psi$.

Les orbitales sont définies par les trois nombres quantiques n, l et m (nombres entiers) :

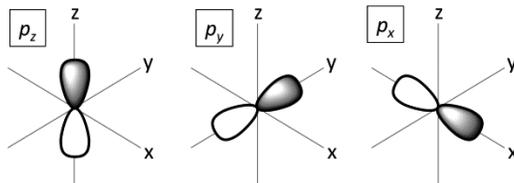
- **n : nombre quantique principal (n=1, 2, 3, ..., ∞).**
Il définit la couche électronique et le niveau énergétique.
- **l : nombre quantique secondaire (0 ≤ l ≤ n-1)**
Il définit la forme de l'orbitale.
- **m : nombre quantique magnétique (-l ≤ m ≤ +l)**
Il décrit l'orientation de l'orbitale atomique dans l'espace.

I.2.4) Les orbitales atomiques

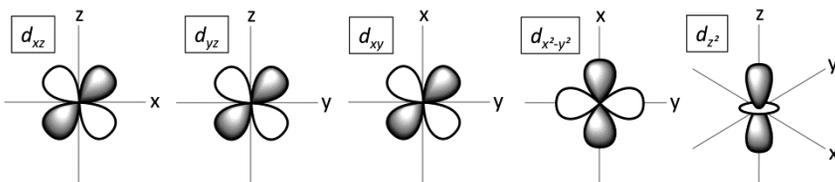
Si l = 0, orbitale s



Si l = 1, orbitale p



Si l = 2, orbitale d



| Valeur de n n > 0 | Valeur(s) de l 0 ≤ l ≤ (n - 1) | Valeur(s) de m -l ≤ m ≤ +l | Nombre d'OA et appellation | Nombre total d'OA |
|----------------------|-----------------------------------|--|---|----------------------|
| 1 | 0 | 0 | 1 orbitale 1s | 1 |
| 2 | 0 1 | 0 -1, 0, 1 | 1 orbitale 2s 3 orbitales 2p | 4 |
| 3 | 0 1 2 | 0 -1, 0, 1 -2, -1, 0, 1, 2 | 1 orbitale 3s 3 orbitales 3p 5 orbitales 3d | 9 |
| 4 | 0 1 2 3 | 0 -1, 0, 1 -2, -1, 0, 1, 2 -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3 | 1 orbitale 4s 3 orbitales 4p 5 orbitales 4d 7 orbitales 4f | 16 |

Chaque OA est représentée par une case quantique : \square

| | | | | | |
|-------|-------|-------------------------------|---|----------------|--------------|
| n = 1 | l = 0 | m = 0 | \square | sous-couche 1s | couche n = 1 |
| n = 2 | l = 0 | m = 0 | \square | sous-couche 2s | couche n = 2 |
| | l = 1 | m = -1, 0, +1 | $\square \square \square$ | sous-couche 2p | |
| n = 3 | l = 0 | m = 0 | \square | sous-couche 3s | couche n = 3 |
| | l = 1 | m = -1, 0, +1 | $\square \square \square$ | sous-couche 3p | |
| | l = 2 | m = -2, -1, 0, +1, +2 | $\square \square \square \square$ | sous-couche 3d | |
| n = 4 | l = 0 | m = 0 | \square | sous-couche 4s | couche n = 4 |
| | l = 1 | m = -1, 0, +1 | $\square \square \square$ | sous-couche 4p | |
| | l = 2 | m = -2, -1, 0, +1, +2 | $\square \square \square \square$ | sous-couche 4d | |
| | l = 3 | m = -3, -2, -1, 0, +1, +2, +3 | $\square \square \square \square \square$ | Sous-couche 4f | |

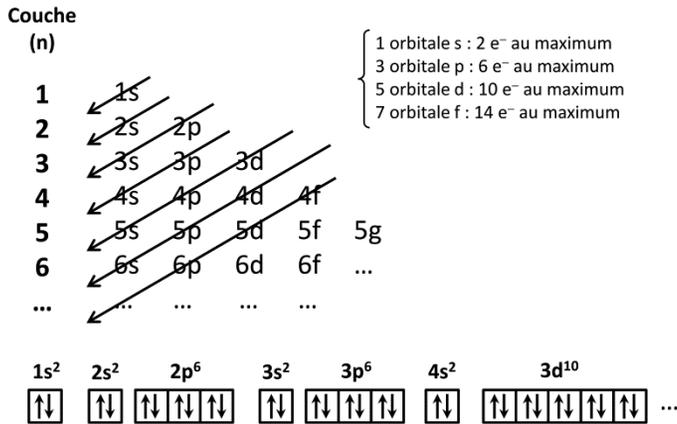
- Une OA (ou une case quantique) peut contenir au maximum 2 électrons.
- Le principe d'exclusion de Pauli : deux électrons d'un même atome ne peuvent avoir les mêmes nombres quantiques.

⇒ nécessité d'introduire d'un 4^e nombre quantique :
le nombre quantique de spin, s = +½ ou -½.

1.2.5) Configuration électronique d'un élément à l'état fondamental

Etape 1

Respecter l'ordre de remplissage selon la règle de Klechkowski (règle mnémotechnique).



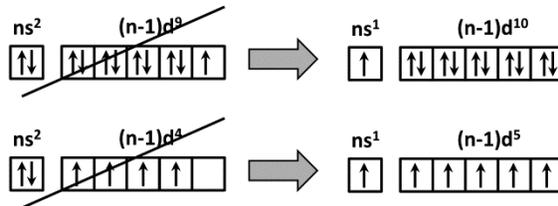
Etape 2

Respecter :

- 2 électrons au maximum par orbitale (donc par case quantique).
- La règle de Hund = maximum d'électrons de la même sous-couche avec des spins parallèles.
- Le principe d'exclusion de Pauli qui stipule que 2 électrons ne peuvent être décrits par les 4 mêmes nombres quantiques.

Etape 3

Corriger les anomalies de remplissage des sous-couches 3d et 4d :



Etape 4

Réécrire les couches et sous-couches dans l'ordre d'énergie croissante. Par exemple pour le chrome (₂₄Cr) :

Ordre de remplissage → 1s² 2s² 2p⁶ 3s² 3p⁶ 4s¹ 3d⁵
 Configuration électronique → 1s² 2s² 2p⁶ 3s² 3p⁶ 3d⁵ 4s¹

Définition : couche électronique externe

C'est la couche électronique de plus grande valeur de n.

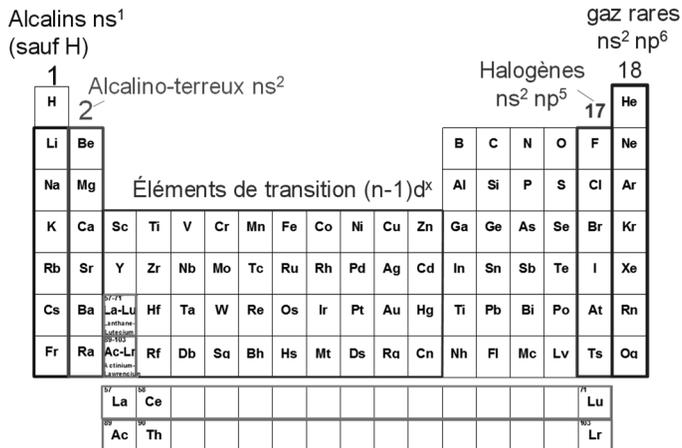
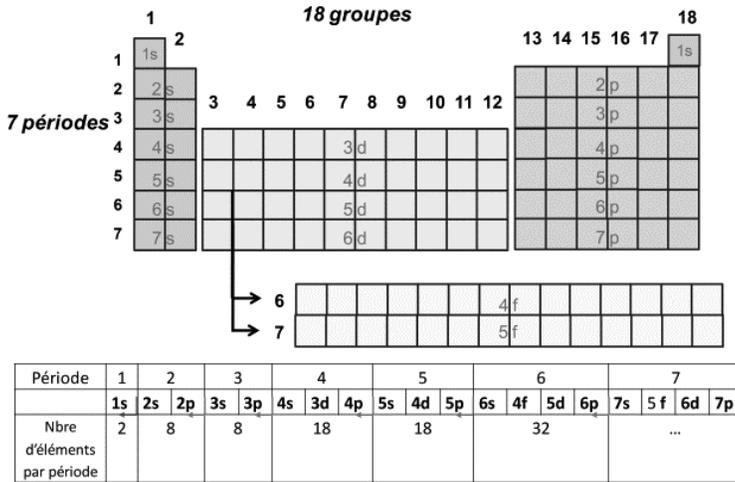
Définition : couche de valence

C'est la couche électronique de plus grande valeur de n, sauf pour les éléments de transition qui ont leur sous-couche d en cours de remplissage. Dans ce cas, le nombre d'électrons de valence inclut les e⁻ d et les e⁻ s de la couche supérieure.

Par exemple pour le chrome (₂₄Cr) : couche externe 4s, couche de valence 3d, 4s.

I.3) LA CLASSIFICATION PERIODIQUE DES ELEMENTS

I.3.1) Le tableau périodique



Remarque : au sens strict, les lanthanides comprennent les 14 éléments de Ce à Lu, et les actinides de Th à Lr. Cependant, l'usage commun place La avec les lanthanides et Ac avec les actinides.

I.3.2) Variation de quelques propriétés des éléments

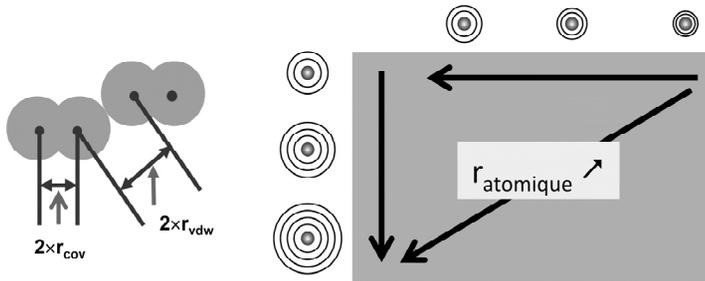
I.3.2.a) Le rayon atomique

Rayon atomique « vrai » : il ne peut pas être mesuré de façon exacte (car on ne sait pas précisément où sont situés les électrons) ; il peut être estimé par calcul.

Rayon atomique covalent : la moitié de la distance séparant les noyaux de deux atomes d'un même élément liés par une liaison de covalence simple.

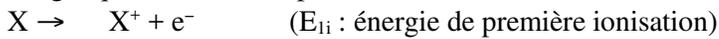
Rayon atomique de Van der Waals : la moitié de la distance minimale à laquelle peuvent s'approcher deux atomes d'un élément lorsqu'ils ne se lient pas.

Rayon ionique : la moitié de la distance entre un cation et un anion voisins dans un cristal ionique.

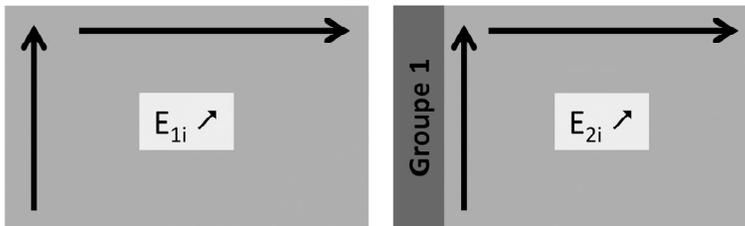
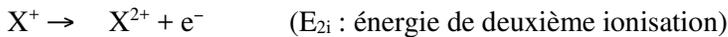


1.3.2.b) L'énergie d'ionisation

C'est l'énergie qu'il faut fournir pour arracher un électron.

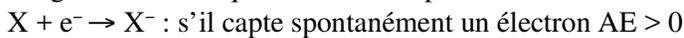


L'énergie de deuxième ionisation est l'énergie à fournir pour arracher un deuxième électron. Dans une période, l'énergie de deuxième ionisation la plus élevée est pour l'élément du groupe 1.



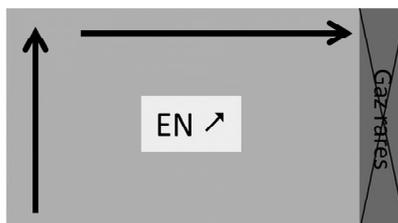
1.3.2.c) L'affinité électronique (AE)

C'est l'énergie libérée lorsqu'un élément capte un électron.



1.3.2.d) L'électronégativité (EN)

C'est la tendance d'un élément à attirer à lui les électrons de la liaison.



QCM d'entraînement

QCM 1

Au sujet de l'atome :

- A. Le nombre de masse d'un atome est égal à $Z + N$.
- B. La masse d'un proton et celle d'un neutron sont exactement les mêmes.
- C. Les charges électriques du proton et de l'électron ont la même valeur absolue.
- D. D'une façon générale, le rapport entre la taille d'un atome et celle de son noyau est de l'ordre de 100.
- E. Un élément est caractérisé par son nombre de masse A.

QCM 2

Parmi les propositions suivantes, lesquelles sont exactes ?

- A. Chaque valeur de Z définit un élément.
- B. La charge du neutron est comme celle du proton égale à $1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.
- C. La masse des électrons au sein de l'atome est aussi importante que celle du noyau.
- D. Les isotopes d'un même élément sont des nucléides ayant une même valeur de Z mais des valeurs de A différentes.
- E. Un anion est un atome qui a perdu un ou plusieurs électron(s).

QCM 3

Parmi les propositions suivantes, lesquelles sont exactes ?

- A. Le carbone naturel a une masse atomique de 12 u.
- B. La masse d'un atome est retrouvée essentiellement au niveau de son noyau.
- C. Les nucléons représentent l'ensemble des protons et électrons d'un atome.
- D. Il n'existe pas d'élément dont le nombre de masse est égal au numéro atomique.
- E. Deux isotopes ne diffèrent uniquement que par leur nombre de protons.

QCM 4

Les informations concernant 3 atomes sont données dans le tableau suivant :

| Atome | Numéro atomique | Nombre de masse |
|-------|-----------------|-----------------|
| A | 1 | 1 |
| B | 1 | 2 |
| C | 1 | 3 |

- A. Ces trois atomes correspondent au même élément.
- B. Ce sont des isotopes d'un même élément.