

Noyau et électrons

Définition : Atome

Un *atome* est une entité électriquement neutre, constituée d'un noyau chargé positivement et de n_e électrons chargés négativement liés au noyau et formant le *cortège électronique*.

Le *noyau* est formé de $n_p = n_e$ *protons* chargés positivement, et de n_n *neutrons*, électriquement neutres.

Un *ion* est une entité électriquement chargée, formée par ajout ou retrait d'électrons d'un atome (ou d'une molécule). C'est un *cation* (resp. *anion*) si sa charge est positive (resp. négative).

Définition : Nombre de masse A

On nomme *nombre de masse*, noté A le nombre de nucléons $A = n_p + n_n$ d'un noyau. Avec les masses :

électron $m_e = 9,109\,382\,69(16) \cdot 10^{-31}$ kg,

proton $m_p = 1,672\,621\,71(29) \cdot 10^{-27}$ kg,

neutron $m_n = 1,674\,927\,28(29) \cdot 10^{-27}$ kg,

on peut *approximer* la masse m_a d'un atome ou ion selon $m_a \simeq Am_p$.

Charge

Définition : Nombre de charge Z

La charge q de tout objet physique est un multiple de la *charge élémentaire* e dont la mesure actuelle est $e = 1,602\,176\,53(14) \cdot 10^{-19}$ C. On a :

électron $q_e = -e < 0$,

proton $q_p = +e > 0$,

neutron $q_n = 0$.

La neutralité d'un atome implique $n_e = n_p$. On désigne par $Z = n_p$ le *nombre de charge* ou *numéro atomique*.

Élément chimique

Définition : Élément chimique

Un *élément chimique* χ est caractérisé par son nombre de charge Z .

Un *corps pur* est constitué d'une seule espèce chimique.

Un *corps pur simple* (resp. *composé*) est constitué d'un seul (resp. de plusieurs) élément.

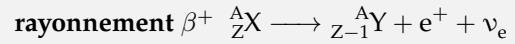
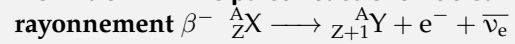
Isotope

Définition : Définition

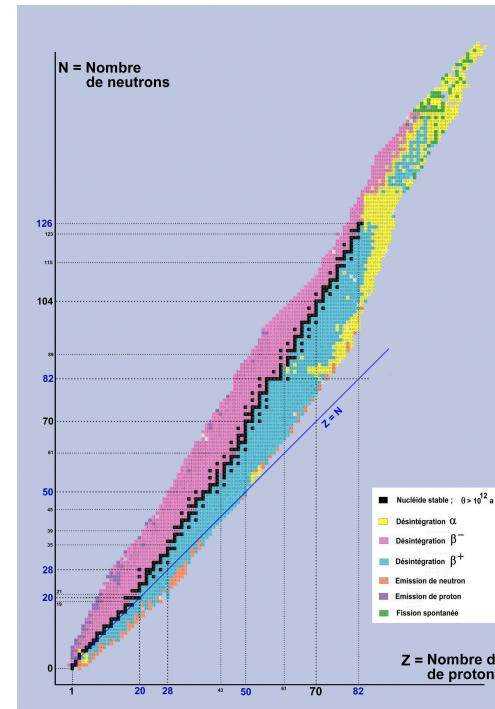
Les *isotopes* d'un élément chimique sont des atomes de même numéro atomique Z mais de nombre de masse A différents. Ils sont présents naturellement dans des proportions différentes, caractérisées par leur *abondance naturelle*.

Masse

Stabilité

Définition : Principales réactions nucléaires**Durée de vie****Définition : Durée de vie**

Les désintégrations radioactives d'un noyau instable obéissent à des cinétiques d'ordre 1, caractérisées par leur temps de demi-réaction nommé *période radioactive*, notée T .

**Masses atomique et molaire****Vallée de stabilité**

Définition : Mole

On définit l'*unité de masse atomique* de symbole u comme un douzième de la masse d'un atome de $^{12}_6\text{C}$.

La *masse atomique* $m(^A_Z\text{X})$ d'un isotope ^A_ZX de l'élément X est un nombre sans dimension défini comme :

$$m(^A_Z\text{X}) = 12 \times \frac{\text{masse d'un atome de } ^A_Z\text{X}}{\text{masse d'un atome de } ^{12}_6\text{C}}$$

Une *mole* est la quantité de matière d'un système contenant autant d'entités qu'il y a d'atomes dans 12 g de $^{12}_6\text{C}$.

Le *nombre d'Avogadro* est le nombre d'entités dans une mole. Sa mesure actuelle est :

$$\mathcal{N}_A = 6,022\,141\,5(10) \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

Définition : Masse atomique

La *masse molaire atomique d'un isotope* ^A_ZX , notée $M(^A_Z\text{X})$, est la masse d'une mole de ^A_ZX .

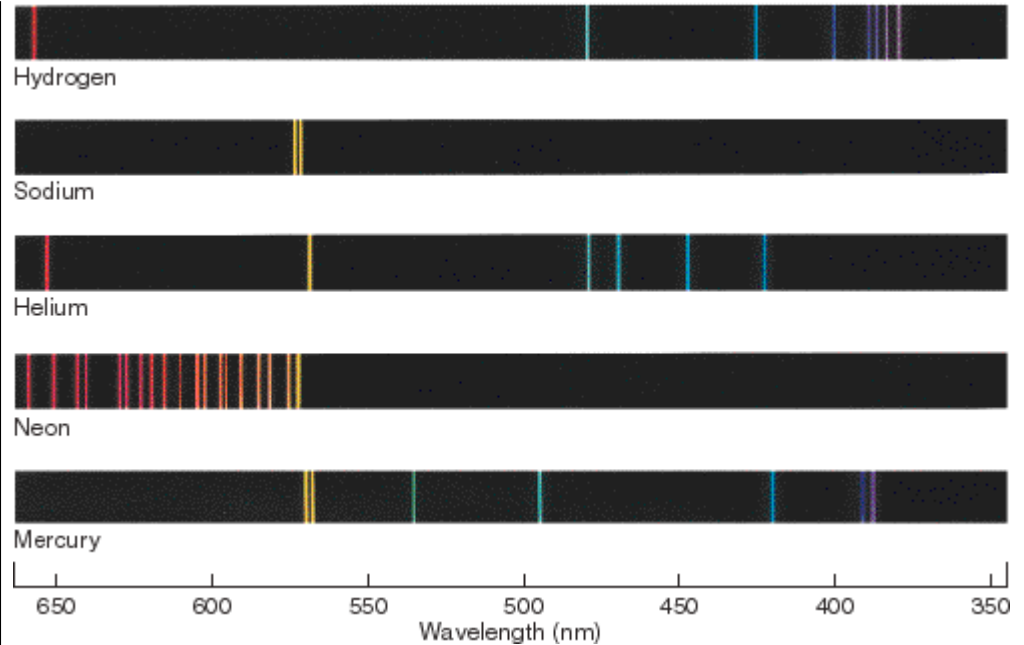
La *masse molaire atomique d'un élément* X , notée $M(X)$, est la moyenne pondérée des masses molaires atomiques des isotopes de X , en proportion de leur abondance naturelle.

Observations expérimentales**Définition : Spectre d'émission**

Les longueurs d'ondes discrètes émises sont nommées *raies*. L'ensemble des raies constitue le *spectre d'émission* de l'atome.



Spectre de H

Spectres de différents éléments**Transitions électroniques****Interaction atome-rayonnement**

La conservation de l'énergie totale du système (atome + photon) lors de l'émission ou de l'absorption d'un photon se traduit par :

$$h\nu = E_h - E_b$$

États stationnaires de l'atome d'hydrogène

Définition : États stationnaires

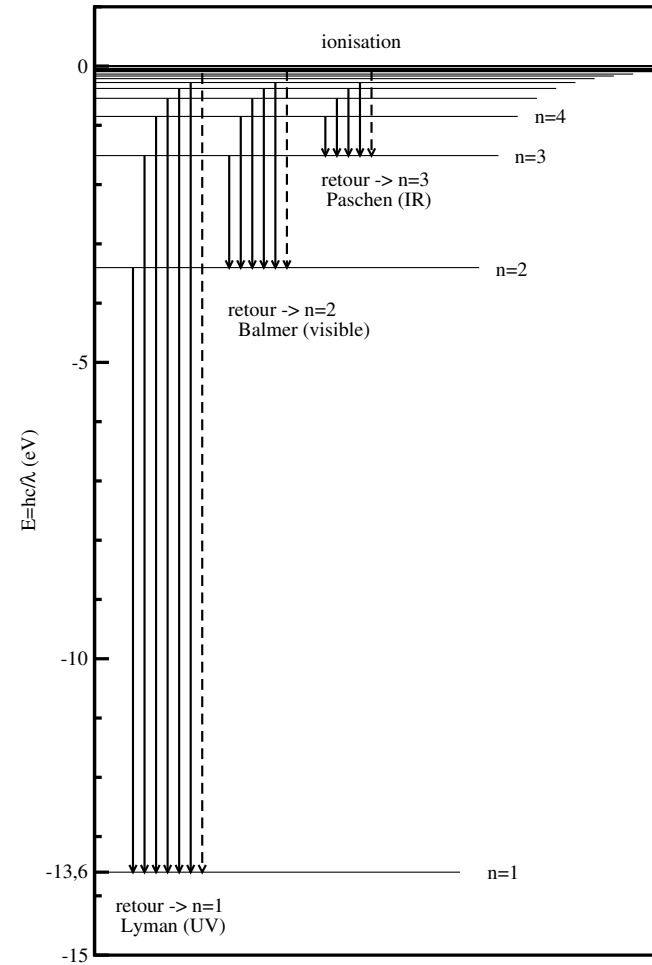
Les états quantiques qui n'évoluent pas en fonction du temps sont répartis de manière discrète ; on les nomme *états quantiques stationnaires*. Leur énergie $\mathcal{E} = \mathcal{E}_c + \mathcal{E}_{\text{pot}}$ (et d'autres grandeurs comme le moment cinétique...) est en particulier *stationnaire*.

Atome d'hydrogène

Dans le cadre de la mécanique quantique, l'énergie de l'électron d'un atome d'hydrogène dans un état quantique stationnaire est quantifiée *ie* elle ne peut prendre que les valeurs discrètes :

$$\mathcal{E}_n = -\frac{E_0}{n^2}, \quad \text{avec } n \in \mathbb{N}^* \quad E_0 = 13,605\,692\,3(12) \text{ eV.}$$

On dit que l'électron se trouve dans *l'état d'énergie* \mathcal{E}_n .

**Nombres quantiques****Définition : Dégénérescence**

S'il existe p ($p > 1$) états quantiques stationnaires de même énergie \mathcal{E} , le niveau d'énergie est dit *dégénéré*, p est sa dégénérescence.

Diagramme énergétique

Nombres quantiques et orbitales atomiques

Un état quantique stationnaire, de l'atome d'hydrogène est complètement décrit par la données de 4 nombres entiers ou demi-entiers.

3 sont relatifs au mouvement orbital de l'électron :

- $n \in \mathbb{N}^*$: nombre quantique principal,
- $l \in \mathbb{N} \in [0; n - 1]$: nombre quantique secondaire/azimuthal
- $m_l \in \mathbb{Z} \in [-l; l]$: nombre quantique magnétique

La donnée du triplet $\{n, l, m_l\}$ caractérise complètement une orbitale atomique, notée $O.A.$.

Le quatrième est le **nombre de spin** $m_s = \pm \frac{1}{2}$ relatif au moment cinétique intrinsèque de l'électron nommé spin.

L'énergie d'un état est donnée par $-\frac{E_0}{n^2}$, sa dégénérescence est $2n^2$ (en comptant les deux états de spin $m_s = \pm \frac{1}{2}$).

Grandeurs quantifiées

Grandeurs quantifiées

n l'énergie : $\mathcal{E}_n = -\frac{E_0}{n^2}$,

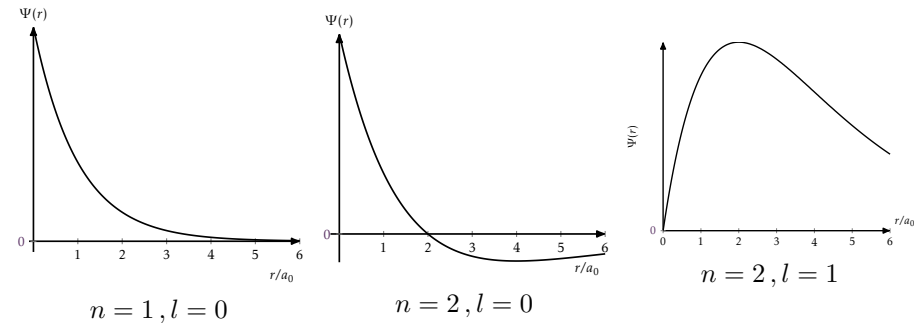
l la norme du moment cinétique, noté \vec{L} . On a $L = \sqrt{l(l+1)}\hbar$,

m_l la projection L_z de \vec{L} sur un axe privilégié $L_z = m_l\hbar$,

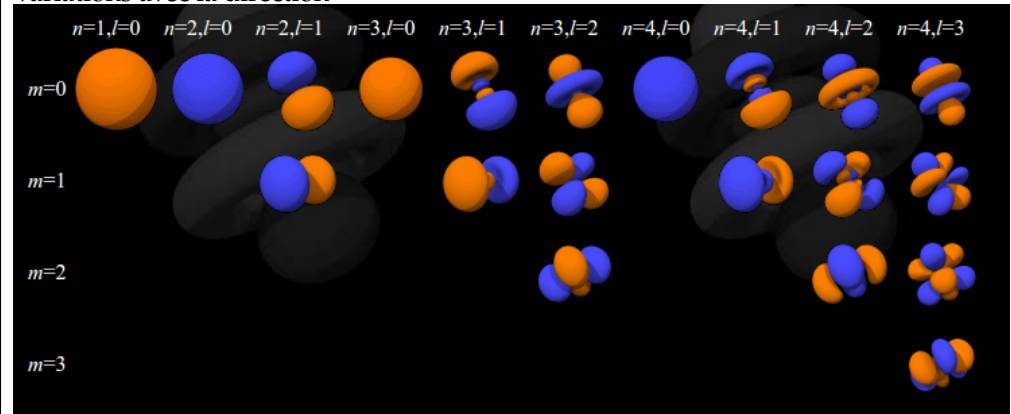
m_s la projection S_z du moment cinétique intrinsèque \vec{S} (de norme $S = \sqrt{\frac{1}{2}(\frac{1}{2} + 1)}\hbar$) sur un axe privilégié $S_z = m_s\hbar$.

Structure spatiale

Variations radiales

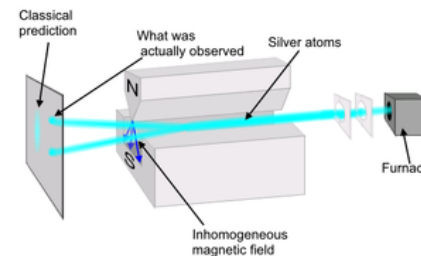


Variations avec la direction



Spin

Expérience de Stern et Gerlach



État fondamental d'un atome polyélectronique

Définition : État fondamental

L'état fondamental d'un atome de nombre de charge Z est la configuration électronique des Z électrons $\{n_i, l_i, m_{li}, m_{si}\}_{i=1..Z}$ pour laquelle l'énergie totale $\mathcal{E} = \sum_i \mathcal{E}(\{n_i, l_i, m_{li}, m_{si}\})$ est minimale.

Règles de remplissage

Règle de Klechkowski

L'énergie d'un électron dans une orbitale atomique $\{n, l, m_l, m_s\}$ ne dépend que de n et l . Elle est :

- croissante avec $n + l$,
- croissante avec n à $n + l$ fixé.

La dégénérescence d'un état

$$\mathcal{E}(n, l) \text{ est } \underbrace{2}_{m_s = -\frac{1}{2} \dots \frac{1}{2}} \times \underbrace{(2l + 1)}_{m_l = -l \dots l}.$$

$n + l$	orbitale
1	1s
2	2s
3	2p < 3s
4	3p < 4s
5	3d < 4p < 5s
6	4d < 5p < 6s

Principe d'exclusion de Pauli

Deux électrons ne peuvent occuper un même état quantique, ie de mêmes nombres quantiques $\{n, l, m_l, m_s\}$.

Remplissage des orbitales atomiques

- une OA (n, l, m_l) est occupée au plus par 2 électrons de spins opposés (antiparallèles) : on la nomme *boîte quantique*
- une sous couche (n, l) peut accueillir au maximum
 - $s : 2e^-$
 - $p : 6e^-$
 - $d : 10e^-$
- une sous couche (n, l) est dite :
 - pleine** si chaque boîte est occupée par $2e^-$, qu'on dit *appariés* ; elle contient donc $2 \times (2l + 1)$ électrons
 - partiellement remplie** si certaines de ses boîtes contiennent des électrons non appariés, dits *célibataires*

Règle de Hund

Dans une sous-couche partiellement remplie :

- les électrons sont répartis de manière à maximiser le nombre d'électrons non appariés (ie de m_l différents),
- les électrons célibataires ont tous le même m_s : leurs spins sont donc tous dans le même sens.

Exceptions

Exception

Pour 3d, 4d... une sous-couche nd pleine ou à $\frac{1}{2}$ pleine est plus stable que la sous-couche $(n + 1)s$ inférieure.

Caractère magnétique

Diamagnétisme et paramagnétisme

Les atomes possédant un ou plusieurs électrons non appariés sont dit *paramagnétique*. Ils sont dits *diamagnétiques* sinon.

Électrons de cœur et de valence**Définition : Électrons de valence et de cœur**

Les *électrons de valence* sont ceux situés dans les dernières sous-couches ns np et les sous couches $(n-1)d$; $(n-2)f$ si elles ne sont pas pleines. Les électrons des sous couches d'énergie inférieure sont les *électrons de cœur*.

Les propriétés chimiques dépendent uniquement des électrons de valence qui peuvent « accueillir » d'autres électrons dans les O.A. de leur couche de valence pour former des liaisons chimiques

Structure des ions**Définition : Ionisation**

L'état fondamental

d'un cation est obtenu en arrachant les électrons de la couche de valence dans l'ordre : $(np; ns; (n-1)d; (n-2)f)$ de l'atome neutre correspondant.

d'un anion est obtenu en rajoutant des électrons sur la couche de valence en respectant les règles habituelles.

Structure du tableau**Tableau périodique de Mendeleïev**

Le tableau périodique de Mendeleïev associe *une case à chaque élément chimique* et les ordonne par nombre de charge Z croissant. Il est composé :

- de 7 lignes, nommées *périodes*,
- de 18 colonnes.

On y définit également les *blocs s, p, d, f* selon la dernière sous-couche partiellement remplie.

Tableau

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
II	1s																	1s
II	2s													2p				
III	3s													3p				
IV	4s							3d										4p
V	5s							4d										5p
VI	6s	La						5d										6p
			Lanthanides 4f: 14 colonnes															
VII	7s	Ac						6d										7p
			Actinides 5f: 14 colonnes															

Métaux

Métaux

Les caractéristiques physiques d'un métal sont :

- ses bonnes conceptions thermique et électrique,
- l'éclat métallique.

Les éléments des blocs :

- *s* sont des métaux (H à l'état solide) aux propriétés variables,
- *d* sont des métaux dits *de transition* durs, de température de fusion T_f élevée,
- *p* sont de nature variée. Les métaux se situent en dessous de la diagonale des *semi-métaux* B, Si, Ge, As, Se, Sb, Te, Po.
- *f* sont des métaux.

Familles chimiques**Définition : Gaz nobles $c = 18$**

- Ce sont des gaz monoatomiques neutres dans les conditions standard de température et pression ($\theta = 25^\circ\text{C}$ et $P = 1\text{ bar}$).
- Ils sont inertes chimiquement donc très stables.

Définition : Alcalins $c = 1$

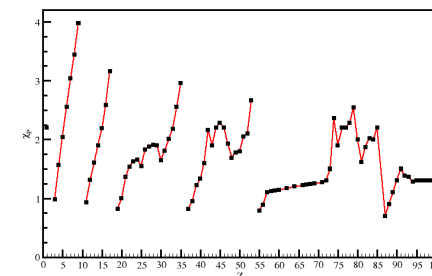
- ce sont des métaux réducteurs : réaction violente avec H_2O en particulier
- ils forment des cations monochargés

Définition : Halogènes $c = 17$

- ce sont des oxydants
- leur corps pur simple est constitué de molécules diatomiques, dont l'état physique dans les conditions standard dépend de la période
- ils forment des anions monochargés (Cl^- , F^-) pour s'entourer du même n_e que le gaz noble le plus proche

Électronégativité**Définition : Électronégativité**

L'*électronégativité* χ_A d'un atome A est un nombre sans dimension qui traduit l'aptitude de A à attirer à lui le doublet électronique qui le lie à un autre atome B.

**Indispensable**

Indispensable

- Les nombres quantiques, la nomenclature des orbitales,
- les 3 règles de remplissage,
- le lien avec la classification périodique
- construction du tableau
- familles chimiques
- allure générale des variations de χ , lien avec les propriétés physico-chimiques