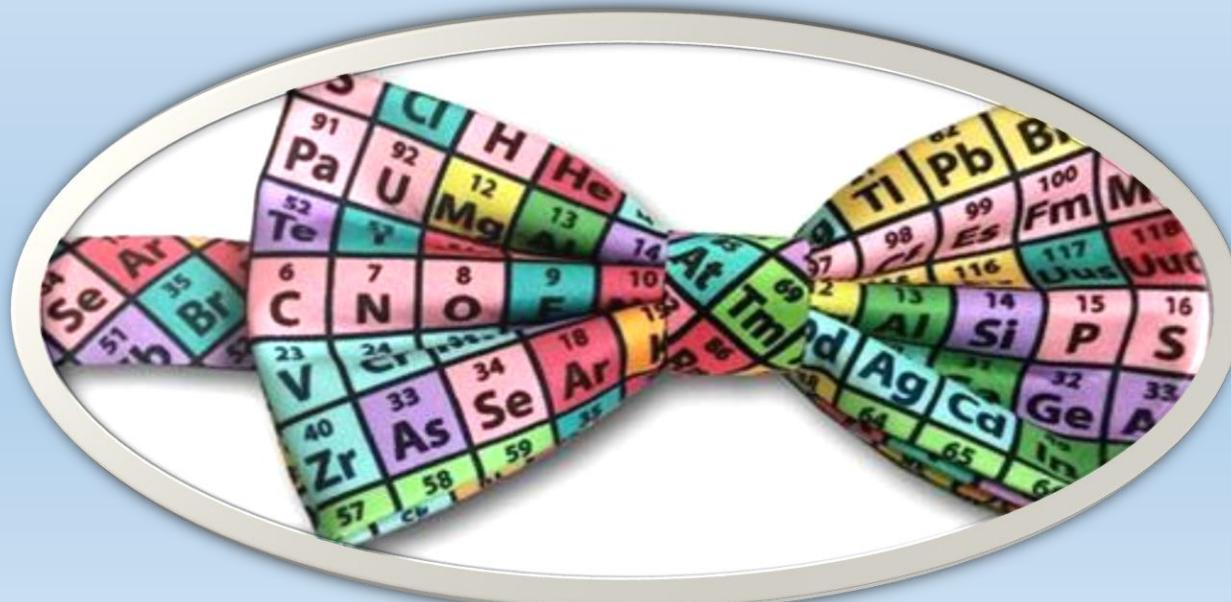


# CLASSIFICATION PÉRIODIQUE DES ÉLÉMENTS

Nombres quantiques, règles de remplissages, tableau périodique, propriétés des éléments



Mourad AMARA

# Nombres quantiques

Les 4 nombres quantiques permettent de localiser l'électron d'un atome dans son niveau énergétique

Ils sont obtenus grâce à la résolution de l'équation de Schrödinger

$$H\Psi = E\Psi$$

$\Psi$  Est la fonction d'onde représentant la probabilité de présence de l'électron

H est l'opérateur ou l'hamiltonien

Exemple :

$\Psi$  est une fonction exponentielle ( $e^{-2x}$ )    l'opérateur H est la deuxième dérivée ( $\frac{d^2}{dx^2}$ )

$$\text{On obtient } H\Psi = E\Psi \Leftrightarrow \frac{d^2}{dx^2} e^{-2x} = 4 \cdot e^{-2x}$$

$n$  = nombre quantique principal : il décrit la couche  
prend les valeurs 1,2,3...

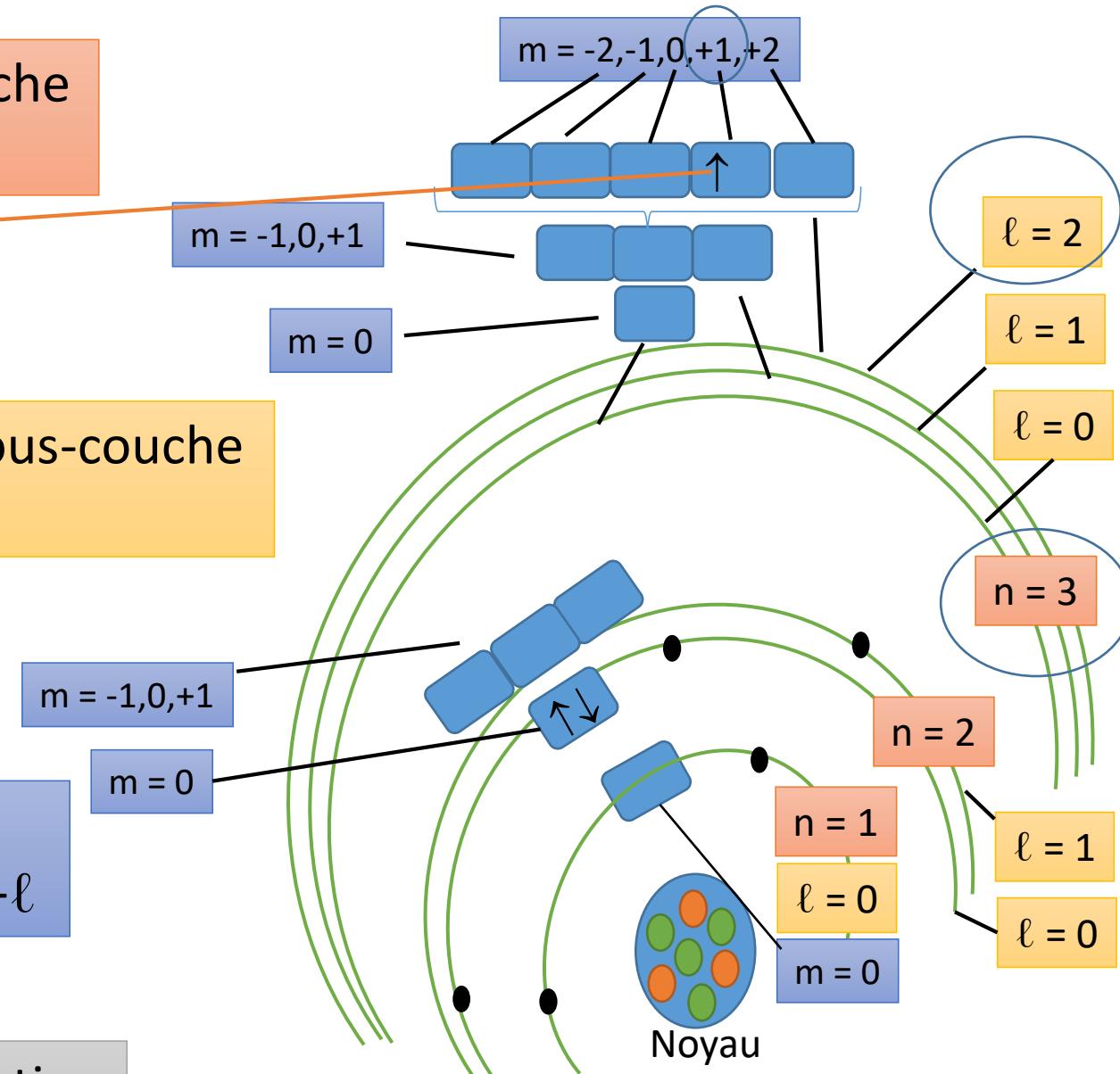
$$n = 3 ; \ell = 2 ; m = +1 ; s = +1/2$$
$$\Psi_{nlm} = \Psi_{321}$$

$\ell$  = nombre quantique secondaire : il décrit la sous-couche  
il prend les valeurs  $0 \leq \ell \leq n-1$

Le classement des énergies est le suivant :  $\Psi_{100} < \Psi_{321}$ .

$m$  = nombre quantique magnétique : il décrit la  
case ou l'orbitale; il prend les valeurs  $-\ell \leq m \leq +\ell$

$s$  = nombre quantique de spin : il décrit l'orientation  
de l'électron; il prend les valeurs  $s = \pm 1/2$



Nombre d'électrons dans une couche :  $2n^2$   
Par exemple  $n = 1$  (2 électrons) ;  $n = 2$  (8 électrons) ;  
 $n = 3$  (18 électrons)

Exemple :

nombre d'électrons présents dans la couche  $n = 3$ .

Pour cette 3<sup>ème</sup> couche, le nombre quantique secondaire «  $\ell$  » prend les 3 valeurs 0, 1 et 2. A chaque valeur de «  $\ell$  » sont associées des valeurs de «  $m$  » comprises entre  $-\ell$  et  $+\ell$ .

$n = 3$									
$\ell = 0$	$\ell = 1$				$\ell = 2$				
$m = 0$	$m = -1$	$m = 0$	$m = +1$	$m = -1$	$m = -2$	$m = 0$	$m = +1$	$m = +2$	

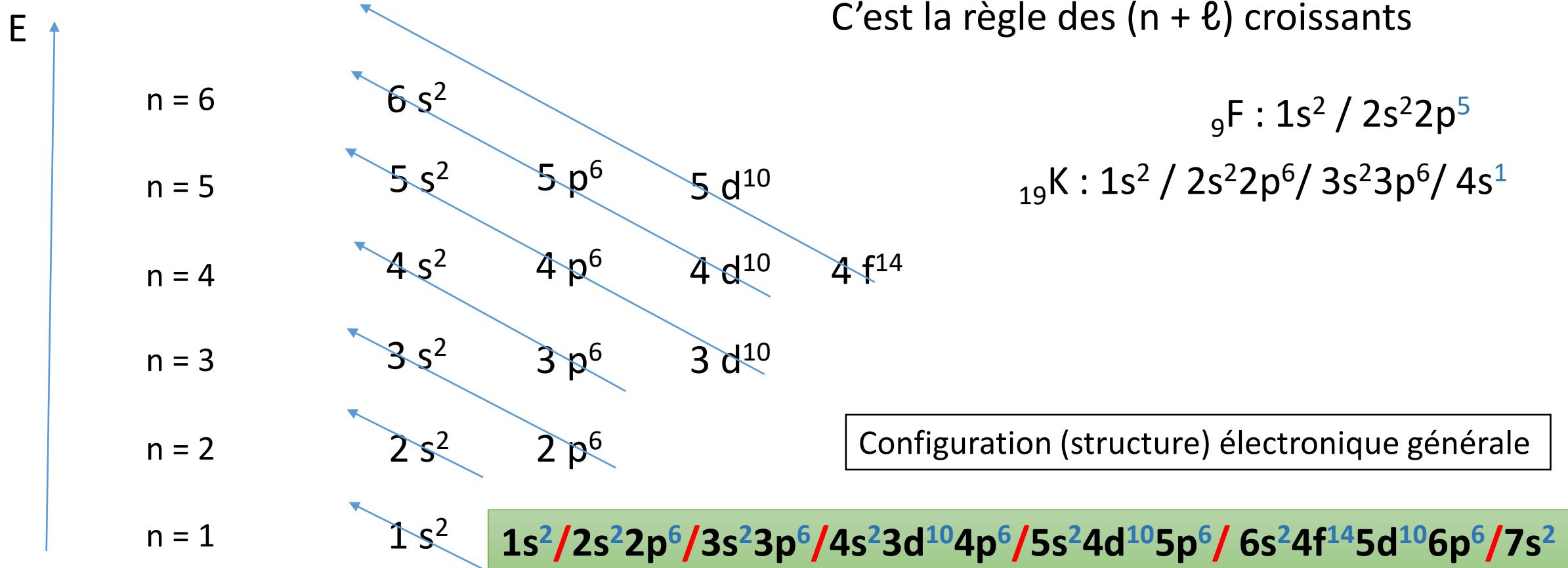
Un total de 9 cases est obtenu. Dans chaque case, on peut placer deux électrons, ce qui correspond à 18 électrons dans la 3<sup>ème</sup> couche.

Nombre quantique secondaire $\ell$	$\ell = 0$	$\ell = 1$	$\ell = 2$	$\ell = 3$
Sous-couche	s	p	d	f
Nombre de cases ou nombre de valeurs de m $(2\ell + 1)$	1	3	5	7
Nombre d'électrons (chaque case en contient 2)	2	6	10	14

On comprend alors que la capacité de remplissage de la sous-couche  $s$  est de 2 électrons, de la sous-couche  $p$  est de 6 électrons, de la sous-couche  $d$  est de 10 électrons et de la sous-couche  $f$  est de 14 électrons.

# Règles de remplissages

## RÈGLE DE KLECHKOWSKI



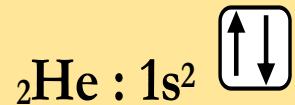
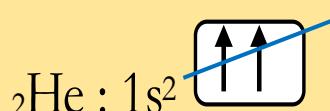
## PRINCIPE D'EXCLUSION DE PAULI

Deux électrons sont différents par au moins un nombre quantique.

Exemple : l'hydrogène possède un seul électron. Celui-ci est placé vers le haut



L'hélium a 2 électrons à placer dans une seule case, il y a alors deux possibilités



La première possibilité est fausse, les deux électrons ont les mêmes nombres quantiques  $n = 1$ ,  $\ell = 0$ ,  $m = 0$  et  $s = +1/2$ .

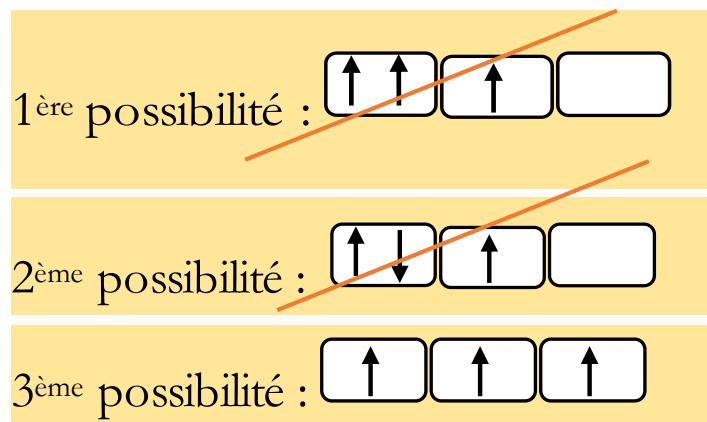
Dans la deuxième possibilité, les deux électrons sont différents par le dernier nombre quantique de spin. L'un est  $+1/2$  et l'autre est  $-1/2$ .

## RÈGLE DE HUND

Lors du remplissage électronique des cases quantiques d'une sous-couche donné, le total du spin obtenu doit être maximal.

Exemple

${}_7\text{N}$  :  $1s^2/2s^22p^3$ , la représentation de la sous-couche  $p$  peut-être l'une des 3 possibilités :



D'après la règle de Hund, c'est la 3<sup>ème</sup> possibilité qui est correcte puisqu'elle présente un spin maximal de  $3 \times (+1/2)$  plus élevé que celui de la deuxième possibilité.

## EXCEPTIONS

Deux anomalies sont les plus connues : celles relatives à la sous couche  $d$  saturée ou à moitié saturée.

La configuration :  $ns^2(n-1)d^4$  est remplacée par  $ns^1(n-1)d^5$ , exemple du  $_{24}Cr$ .

La dernière couche  $_{24}Cr$  :  $4s^1 3d^5$  au lieu de  $4s^2 3d^4$

Sous-couche  $d$  saturée :  $ns^2(n-1)d^9$  est remplacée par  $ns^1(n-1)d^{10}$ , exemple du  $_{29}Cu$ .

La dernière couche  $_{29}Cu$  :  $4s^1 3d^{10}$  au lieu de  $4s^2 3d^9$

Rappel

On écrit  $4s$  avant  $3d$  car

$(n+\ell) = (4+0)$  pour  $4s < (3+2)$  pour  $3d$

A suivre ...

# Tableau périodique

	1 IA	2 IIA	3 IIIB	4 IVB	5 VB	6 VIB	7 VIIB	8 VIIIB	9 VIIIB	10 VIIIB	11 IB	12 IIB	13 IIIA	14 IVA	15 VA	16 VIA	17 VIIA	18 VIIIA
<b>n = 1</b>	${}_1\text{H}$																	${}_2\text{He}$
<b>n = 2</b>	${}_3\text{Li}$	${}_4\text{Be}$											${}_5\text{B}$	${}_6\text{C}$	${}_7\text{N}$	${}_8\text{O}$	${}_9\text{F}$	${}_10\text{Ne}$
<b>n = 3</b>	${}_11\text{Na}$	${}_12\text{Mg}$											${}_13\text{Al}$	${}_14\text{Si}$	${}_15\text{P}$	${}_16\text{S}$	${}_17\text{Cl}$	${}_18\text{Ar}$
<b>n = 4</b>	${}_19\text{K}$	${}_20\text{Ca}$	${}_21\text{Sc}$	${}_22\text{Ti}$	${}_23\text{V}$	${}_24\text{Cr}$	${}_25\text{Mn}$	${}_26\text{Fe}$	${}_27\text{Co}$	${}_28\text{Ni}$	${}_29\text{Cu}$	${}_30\text{Zn}$	${}_31\text{Ga}$	${}_32\text{Ge}$	${}_33\text{As}$	${}_34\text{Se}$	${}_35\text{Br}$	${}_36\text{Kr}$
<b>n = 5</b>	${}_37\text{Rb}$	${}_38\text{Sr}$	${}_39\text{Y}$	${}_40\text{Zr}$	${}_41\text{Nb}$	${}_42\text{Mo}$	${}_43\text{Tc}$	${}_44\text{Ru}$	${}_45\text{Rh}$	${}_46\text{Pd}$	${}_47\text{Ag}$	${}_48\text{Cd}$	${}_49\text{In}$	${}_50\text{Sn}$	${}_51\text{Sb}$	${}_52\text{Te}$	${}_53\text{I}$	${}_54\text{Xe}$
<b>n = 6</b>	${}_55\text{Cs}$	${}_56\text{Ba}$	<b><math>{}_57\text{La}</math></b>	${}_72\text{Hf}$	${}_73\text{Ta}$	${}_74\text{W}$	${}_75\text{Re}$	${}_76\text{Os}$	${}_77\text{Ir}$	${}_78\text{Pt}$	${}_79\text{Au}$	${}_80\text{Hg}$	${}_81\text{Tl}$	${}_82\text{Pb}$	${}_83\text{Bi}$	${}_84\text{Po}$	${}_85\text{At}$	${}_86\text{Rn}$
<b>n = 7</b>	${}_87\text{Fr}$	${}_88\text{Ra}$	<b><math>{}_89\text{Ac}</math></b>	${}_104\text{Rf}$	${}_105\text{Db}$	${}_106\text{Sg}$	${}_107\text{Bh}$	${}_108\text{Hs}$	${}_109\text{Mt}$	${}_110\text{Ds}$	${}_111\text{Rg}$							

${}_58\text{Ce}$	${}_59\text{Pr}$	${}_60\text{Nd}$	${}_61\text{Pm}$	${}_62\text{Sm}$	${}_63\text{Eu}$	${}_64\text{Gd}$	${}_65\text{Tb}$	${}_66\text{Dy}$	${}_67\text{Ho}$	${}_68\text{Er}$	${}_69\text{Tm}$	${}_70\text{Yb}$	${}_71\text{Lu}$
${}_90\text{Th}$	${}_91\text{Pa}$	${}_92\text{U}$	${}_93\text{Np}$	${}_94\text{Pu}$	${}_95\text{Am}$	${}_96\text{Cm}$	${}_97\text{Bk}$	${}_98\text{Cf}$	${}_99\text{Es}$	${}_100\text{Fm}$	${}_101\text{Md}$	${}_102\text{No}$	${}_103\text{Lr}$