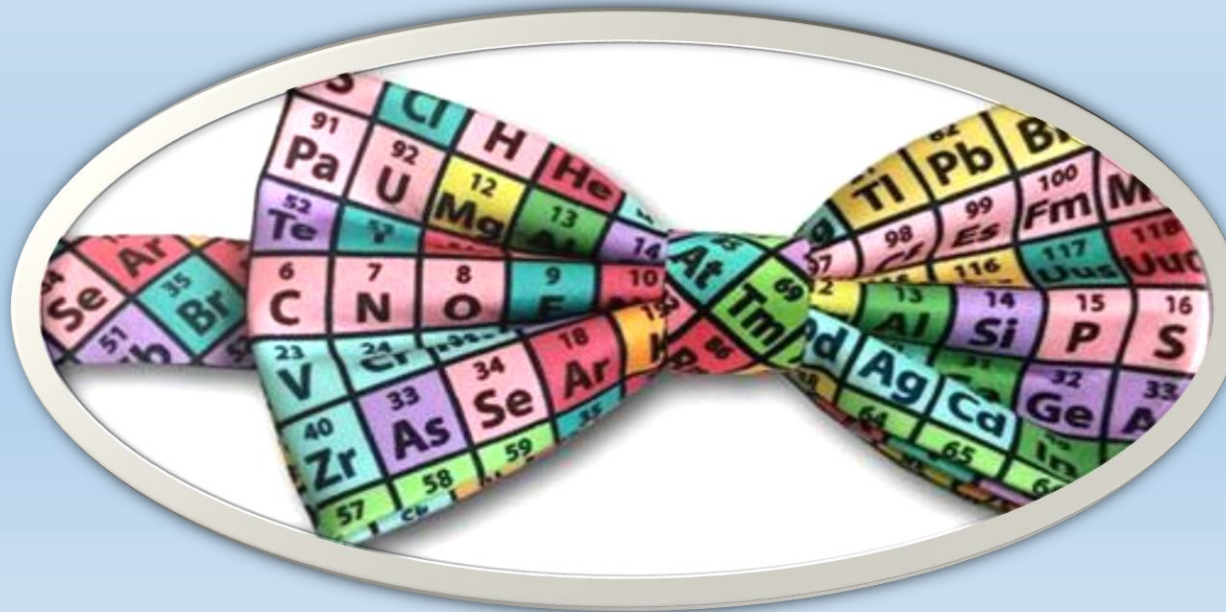


# CLASSIFICATION PÉRIODIQUE DES ÉLÉMENTS

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...

$$n = 3 ; \ell = 2 ; m = +1 ; s = +1/2$$

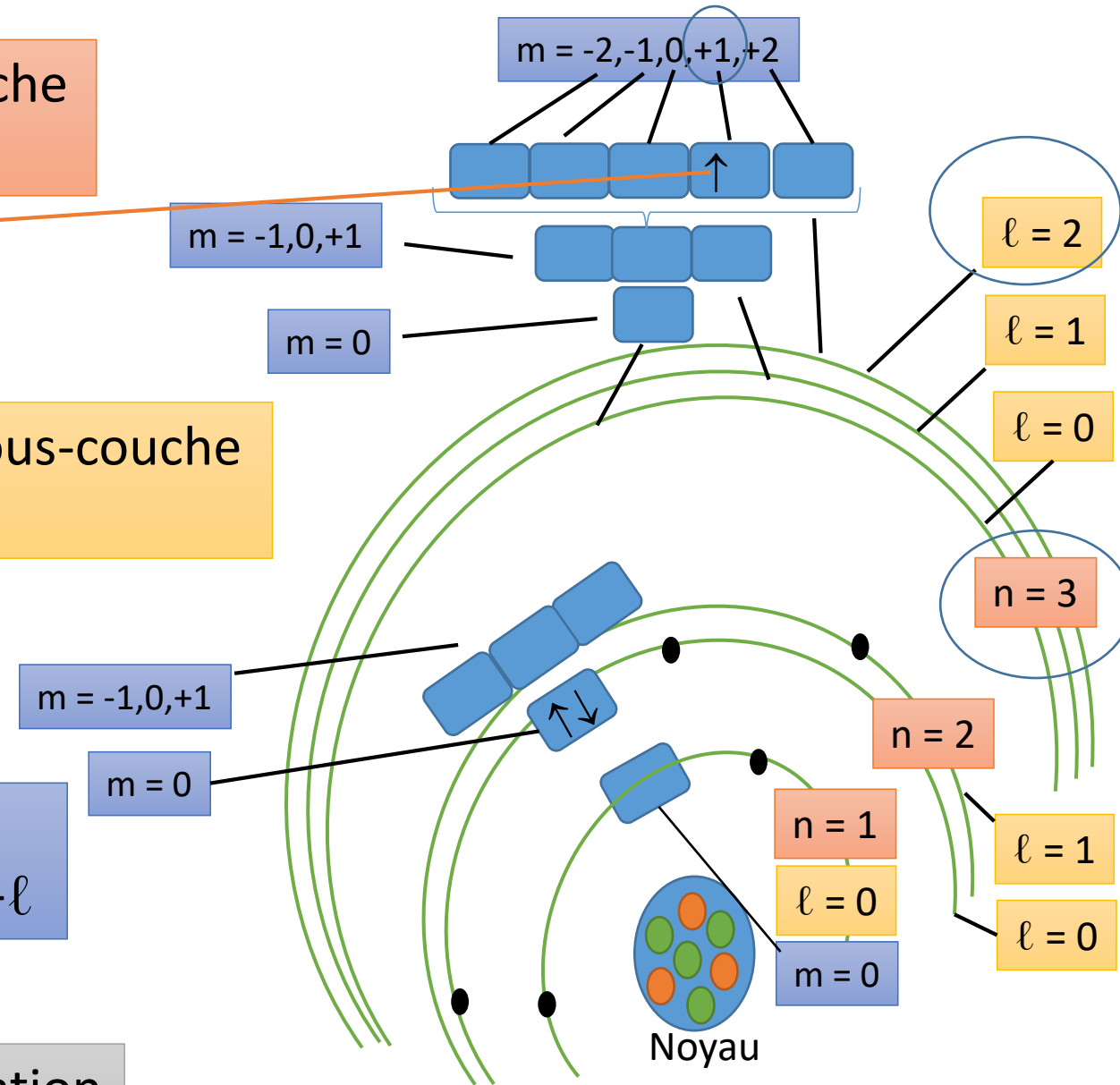
$$\Psi_{nlm} = \Psi_{321}$$

$\ell$  = 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.

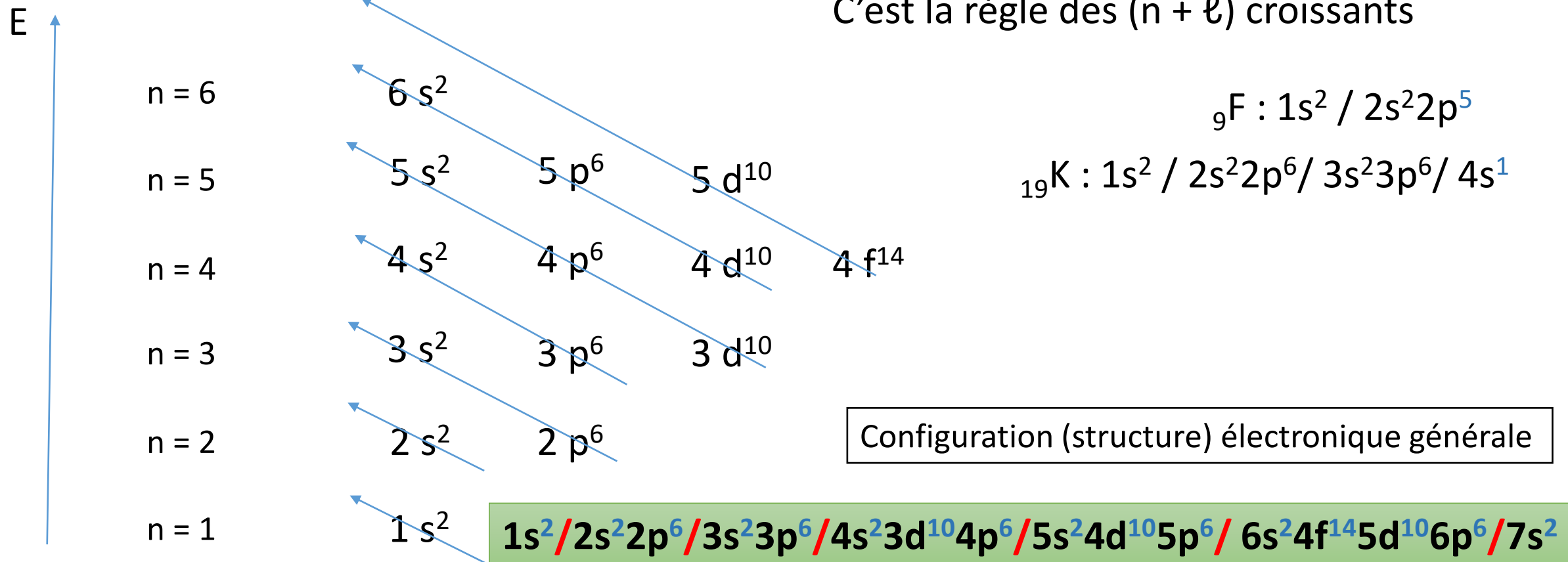
Nombre quantique secondaire $\ell$	$\ell = 0$	$\ell = 1$	$\ell = 2$	$\ell = 3$
Sous-couche	s	p	d	f
Nombre de cases ou nombre de valeurs de m ( $2\ell + 1$ )	1	3	5	7
Nombre d'électrons (chaque case en contient 2)	2	6	10	14

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

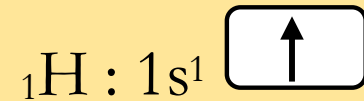
C'est la règle des  $(n + \ell)$  croissants



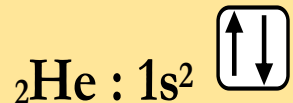
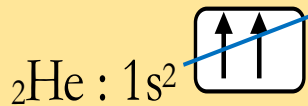
# PRINCIPE D'EXCLUSION DE PAULI

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  $s = +1/2$ .

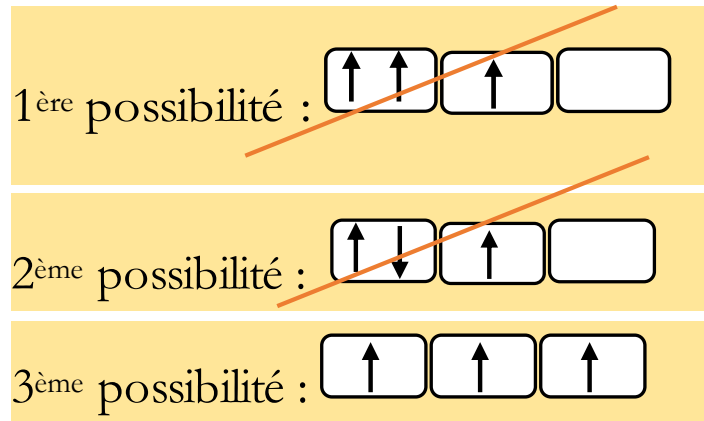
Dans la deuxième possibilité, les deux électrons sont différents par le dernier nombre quantique de spin. L'un est  $+1/2$  et l'autre est  $-1/2$ .

# RÈGLE DE HUND

Lors du remplissage électronique des cases quantiques d'une sous-couche donnée, 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  $_{24}\text{Cr}$ .

La dernière couche  $_{24}\text{Cr}$  :  $4s^1 3d^5$  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  $_{29}\text{Cu}$ .

La dernière couche  $_{29}\text{Cu}$  :  $4s^1 3d^{10}$  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	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	IA	IIA	IIIB	IVB	VB	VIB	VIIB	VIIIB	VIIIB	VIIIB	IB	IIB	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA
n = 1	<sub>1</sub> H																	<sub>2</sub> He
n = 2	<sub>3</sub> Li	<sub>4</sub> Be											<sub>5</sub> B	<sub>6</sub> C	<sub>7</sub> N	<sub>8</sub> O	<sub>9</sub> F	<sub>10</sub> Ne
n = 3	<sub>11</sub> Na	<sub>12</sub> Mg											<sub>13</sub> Al	<sub>14</sub> Si	<sub>15</sub> P	<sub>16</sub> S	<sub>17</sub> Cl	<sub>18</sub> Ar
n = 4	<sub>19</sub> K	<sub>20</sub> Ca	<sub>21</sub> Sc	<sub>22</sub> Ti	<sub>23</sub> V	<sub>24</sub> Cr	<sub>25</sub> Mn	<sub>26</sub> Fe	<sub>27</sub> Co	<sub>28</sub> Ni	<sub>29</sub> Cu	<sub>30</sub> Zn	<sub>31</sub> Ga	<sub>32</sub> Ge	<sub>33</sub> As	<sub>34</sub> Se	<sub>35</sub> Br	<sub>36</sub> Kr
n = 5	<sub>37</sub> Rb	<sub>38</sub> Sr	<sub>39</sub> Y	<sub>40</sub> Zr	<sub>41</sub> Nb	<sub>42</sub> Mo	<sub>43</sub> Tc	<sub>44</sub> Ru	<sub>45</sub> Rh	<sub>46</sub> Pd	<sub>47</sub> Ag	<sub>48</sub> Cd	<sub>49</sub> In	<sub>50</sub> Sn	<sub>51</sub> Sb	<sub>52</sub> Te	<sub>53</sub> I	<sub>54</sub> Xe
n = 6	<sub>55</sub> Cs	<sub>56</sub> Ba	<b><sub>57</sub>La</b>	<sub>72</sub> Hf	<sub>73</sub> Ta	<sub>74</sub> W	<sub>75</sub> Re	<sub>76</sub> Os	<sub>77</sub> Ir	<sub>78</sub> Pt	<sub>79</sub> Au	<sub>80</sub> Hg	<sub>81</sub> Tl	<sub>82</sub> Pb	<sub>83</sub> Bi	<sub>84</sub> Po	<sub>85</sub> At	<sub>86</sub> Rn
n = 7	<sub>87</sub> Fr	<sub>88</sub> Ra	<b><sub>89</sub>Ac</b>	<sub>104</sub> Rf	<sub>105</sub> Db	<sub>106</sub> Sg	<sub>107</sub> Bh	<sub>108</sub> Hs	<sub>109</sub> Mt	<sub>110</sub> Ds	<sub>111</sub> Rg							

<sup>58</sup> Ce	<sup>59</sup> Pr	<sup>60</sup> Nd	<sup>61</sup> Pm	<sup>62</sup> Sm	<sup>63</sup> Eu	<sup>64</sup> Gd	<sup>65</sup> Tb	<sup>66</sup> Ds	<sup>67</sup> Ho	<sup>68</sup> Er	<sup>69</sup> Tm	<sup>70</sup> Yb	<sup>71</sup> Lu
<sup>90</sup> Th	<sup>91</sup> Pa	<sup>92</sup> U	<sup>93</sup> Np	<sup>94</sup> Pu	<sup>95</sup> Am	<sup>96</sup> Cm	<sup>97</sup> Bk	<sup>98</sup> Cf	<sup>99</sup> Es	<sup>100</sup> Fm	<sup>101</sup> Md	<sup>102</sup> No	<sup>103</sup> Lr