



# *Thermodynamique* *le retour*



## Exercice

La glycine (ou acide aminoéthanoïque  $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{COOH}$ ) est un composé solide à l'état standard sous 300 K. Calculer l'énergie de liaison: de la liaison  $\text{C}=\text{O}$  dans la glycine.

Données (en kJ/mol) :

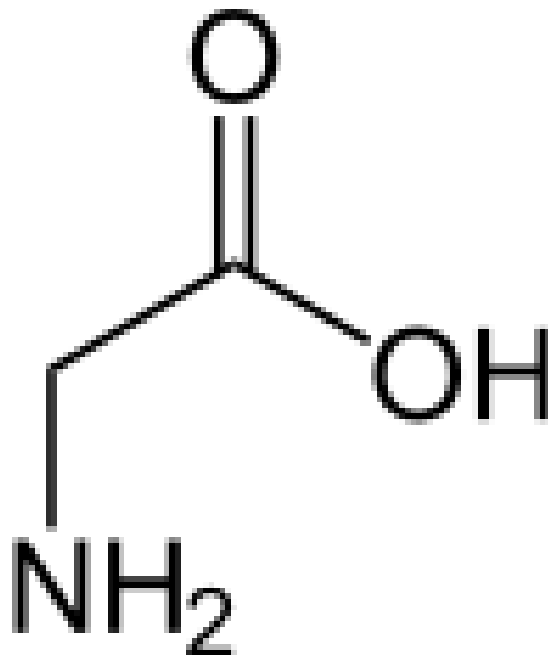
$$\Delta_f H^0(\text{glycine}_{(s)}) = -537 \quad \Delta_{\text{sub}} H^0(\text{glycine}) = 176$$

$$\Delta_{\text{sub}} H^0(\text{C graphite}) = 717 \quad D_{\text{H-H}} = 432$$

$$D_{\text{C-C}} = 344 \quad D_{\text{C-H}} = 411 \quad D_{\text{C-N}} = 304 \quad D_{\text{O-H}} = 462$$

$$D_{\text{N-H}} = 390 \quad D_{\text{C-O}} = 358 \quad D_{\text{O=O}} = 493 \quad D_{\text{N}\equiv\text{N}} = 944$$

# La glycine



## Exercice

La glycine (ou acide aminoéthanoïque  $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{COOH}$ ) est un **composé solide** à l'état standard sous 300 K. Calculer l'énergie de liaison: de la liaison  $\text{C}=\text{O}$  dans la glycine.

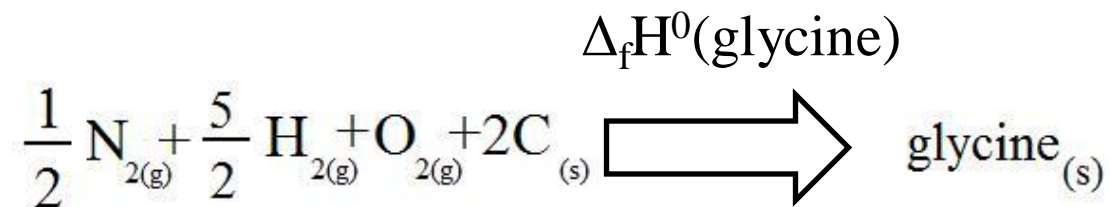
Données (en kJ/mol) :

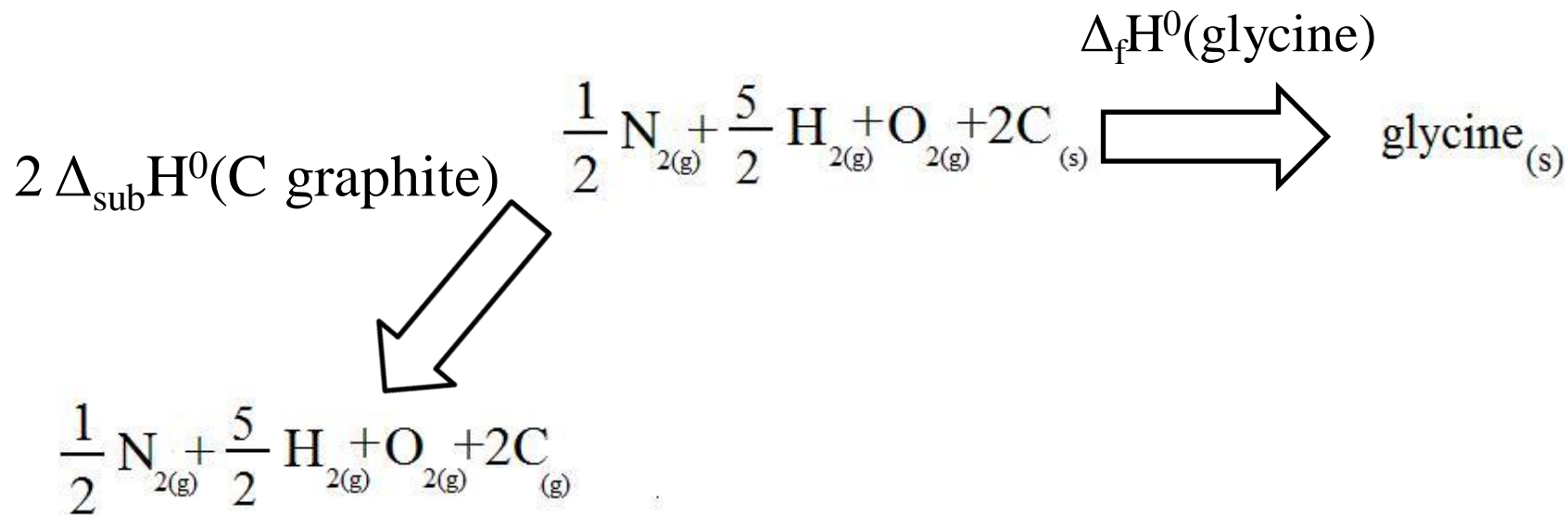
$$\Delta_f H^0(\text{glycine}) = -537 \quad \Delta_{\text{sub}} H^0(\text{glycine}) = 176$$

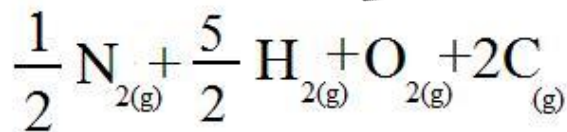
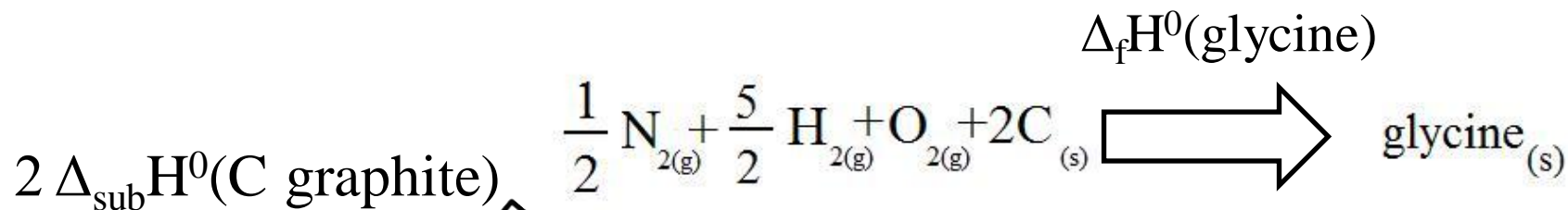
$$\Delta_{\text{sub}} H^0(\text{C graphite}) = 717 \quad D_{\text{H-H}} = 432$$

$$D_{\text{C-C}} = 344 \quad D_{\text{C-H}} = 411 \quad D_{\text{C-N}} = 304 \quad D_{\text{O-H}} = 462$$

$$D_{\text{N-H}} = 390 \quad D_{\text{C-O}} = 358 \quad D_{\text{O=O}} = 493 \quad D_{\text{N}\equiv\text{N}} = 944$$



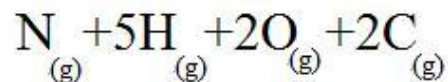


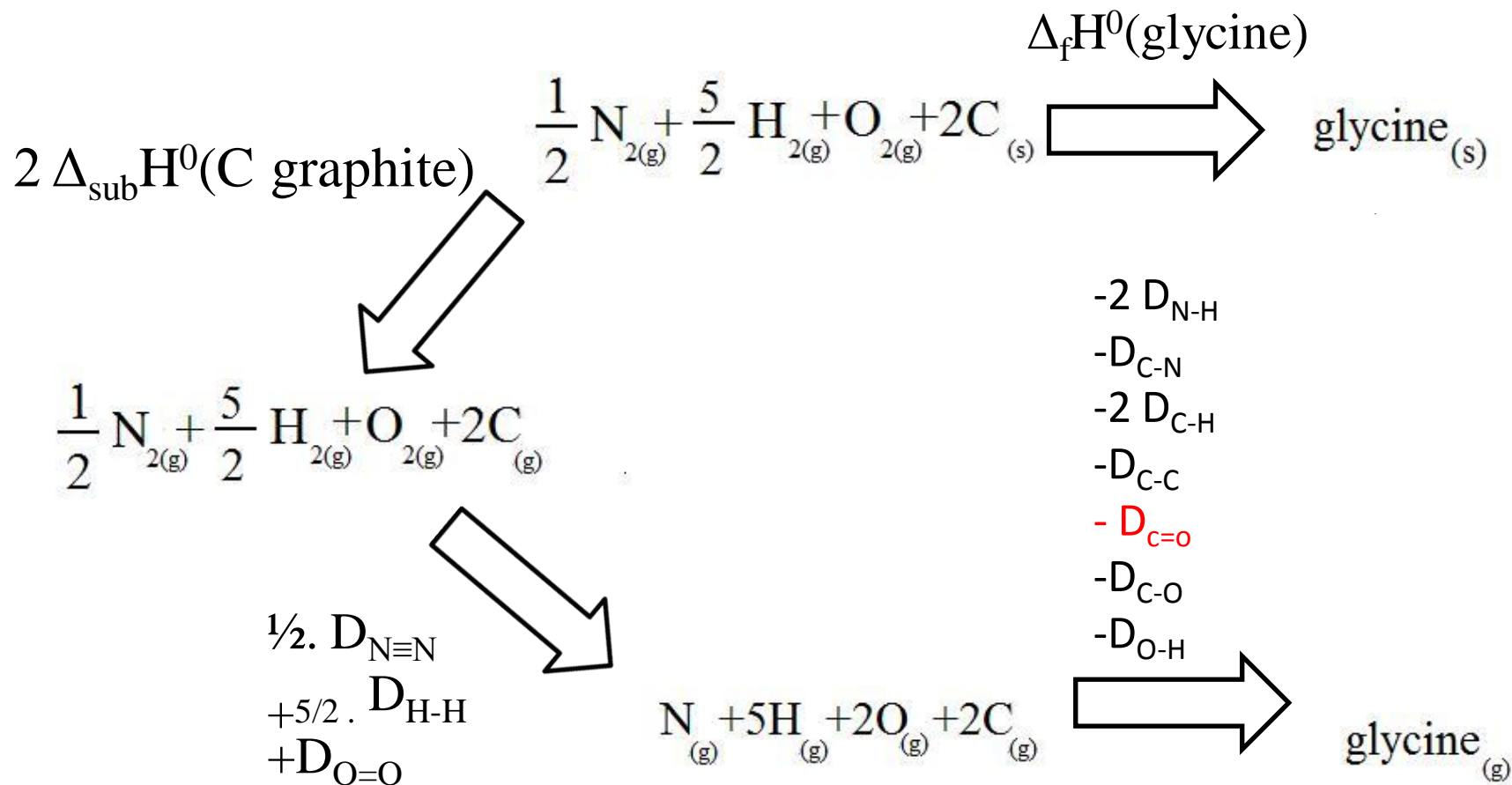


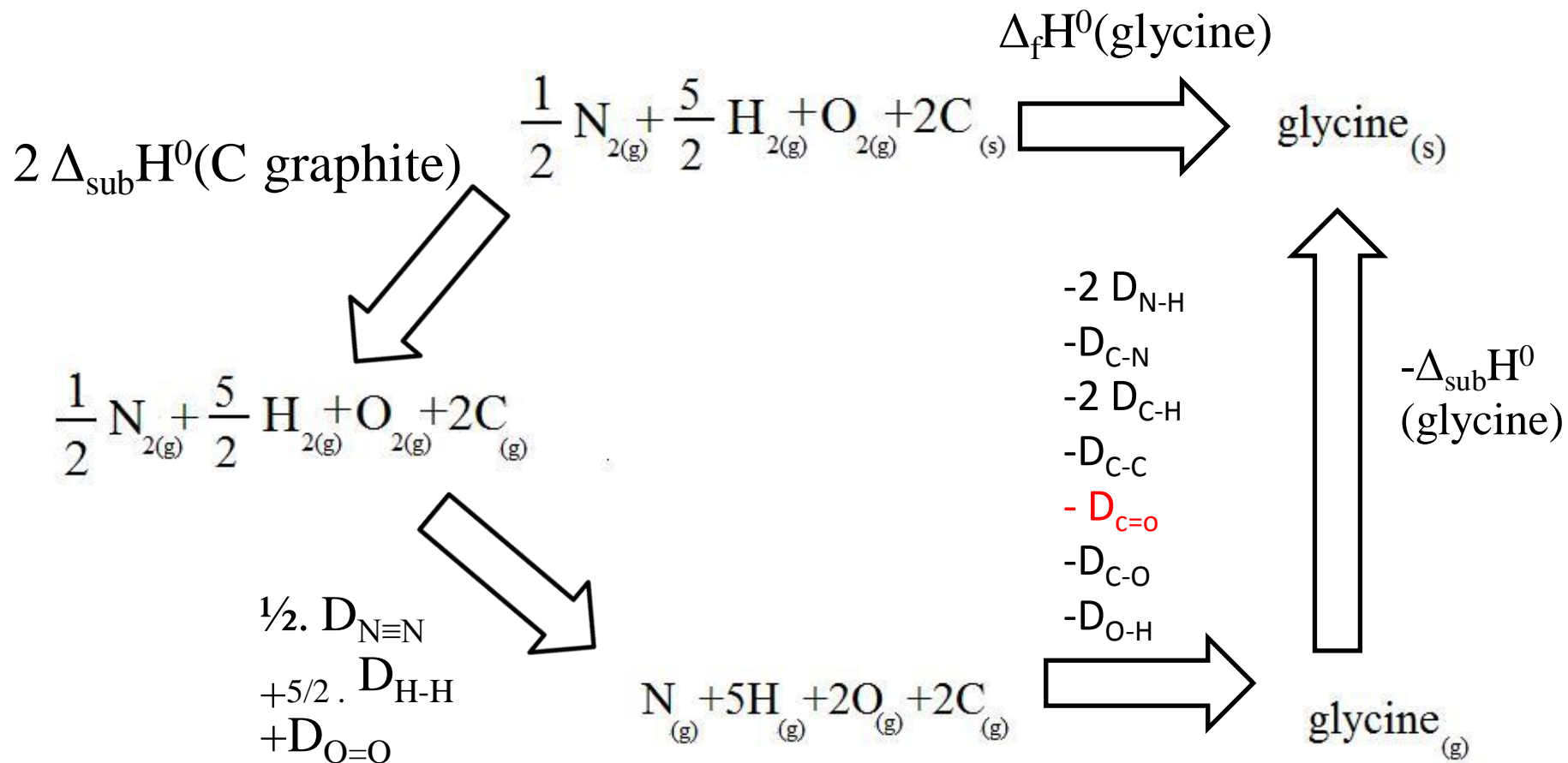
$$\frac{1}{2} \cdot D_{\text{N}\equiv\text{N}}$$

$$+ \frac{5}{2} \cdot D_{\text{H}-\text{H}}$$

$$+ D_{\text{O}=\text{O}}$$







# Mise en application

- Avec le cycle de Hess on a :

$$\Delta_f H^0(\text{glycine}) = 2 \Delta_{\text{sub}} H^0(\text{C graphite}) + 1/2 D_{\text{N}\equiv\text{N}} + 5/2 D_{\text{H-H}} + D_{\text{O=O}} - (2D_{\text{N-H}} + D_{\text{C-N}} + 2D_{\text{C-H}} + D_{\text{C-C}} + D_{\text{C=O}} + D_{\text{C-O}} + D_{\text{O-H}}) - \Delta_{\text{sub}} H^0(\text{glycine})$$

- Puis on résout l'équation du 1<sup>er</sup> degré en remplaçant les termes par leur valeur :

$$- 537 = 3479 - (3070 + D_{\text{C=O}}) - 176$$

$$- 537 = 233 - D_{\text{C=O}}$$

$$- D_{\text{C=O}} = -537 - 233 = -770$$

$$D_{\text{C=O}} = 770 \text{ kJ.mol}^{-1} > 0$$

A blue-tinted molecular model with a central white box containing the text 'Atomistique'. The model consists of several interconnected spheres and rods, representing atoms and bonds. The spheres are of varying sizes and are connected by thin rods. The overall structure is complex and multi-dimensional. The background is dark and textured, suggesting a molecular or crystalline structure.

# Atomistique

# I. Rappel

$A$   $X$   $X$  = élément chimique  
 $Z$   $X$   $A$  = nombre de nucléon  
 $Z$   $X$   $Z$  = nombre d'électron  
= nombre de proton

$N = A - Z$  = nombre de neutron

# Tableau périodique des éléments



1
H Hydrogène 1
3
Li Lithium 3
11
Na Sodium 11
19
K Potassium 19
37
Rb Rubidium 37
55
Cs Césium 55
87
Fr Francium 87

Homme **L**ibre **NA**ît **K**elque fois  
**RoB**uste c'est le **CaS** en **FR**ance

# Tableau périodique des éléments



Florentin **CL** aqua **BR** utalement Irène  
A Terre

9
F Fluor 17
Cl Chlore 35
Br Brome 53
I Iode 85
At Astate

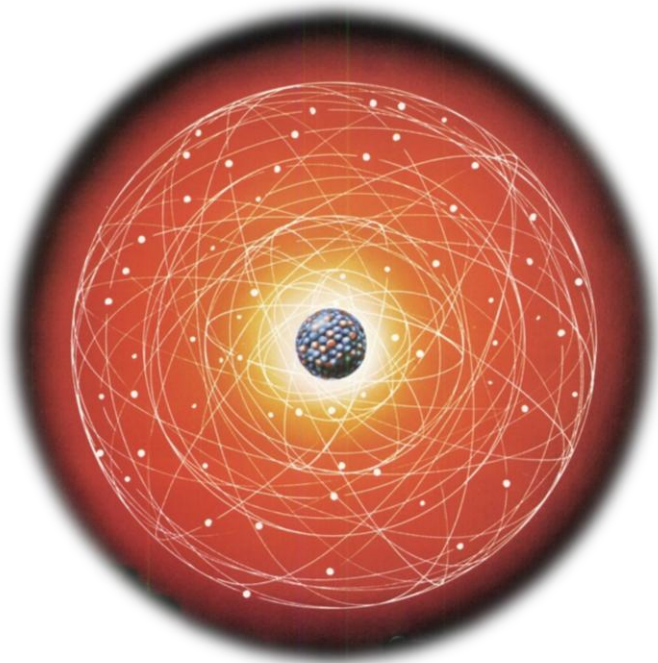
# Tableau périodique des éléments



**Hercule Négligea d'Arracher le  
Korsage de Xena et Ronfla**

2
He Hélium
10
Ne Néon
18
Ar Argon
36
Kr Krypton
54
Xe Xénon
86
Rn Radon

## II. L'électron



L'étude de sa position la plus probable dans le cortège électronique.

Cette position sera donnée par les 4 nombres quantiques de l'électron:  
 $n$ ,  $l$ ,  $m$  et  $s$



# $n$ : le nombre quantique principal

Correspond à la couche électronique:  $n > 0$

$n=1$     $n=2$     $n=3$     $n=4$

<b>1</b>										<b>2</b>							
H Hydrogène									He Hélium								
<b>2</b>												<b>10</b>					
Li Lithium	Be Béryllium									B Bore	C Carbone	N Azote	O Oxygène	F Fluor	Ne Néon		
<b>8</b>												<b>18</b>					
Na Sodium	Mg Magnésium									Al Aluminium	Si Silicium	P Phosphore	S Soufre	Cl Chlore	Ar Argon		
<b>18</b>												<b>36</b>					
K Potassium	Ca Calcium	Sc Scandium	Ti Titane	V Vanadium	Cr Chrome	Mn Manganèse	Fe Fer	Co Cobalt	Ni Nickel	Cu Cuivre	Zn Zinc	Ga Gallium	Ge Germanium	As Arsenic	Se Sélénium	Br Brome	Kr Krypton
<b>32</b>												<b>54</b>					
Rb Rubidium	Sr Strontium	Y Yttrium	Zr Zirconium	Nb Niobium	Mo Molybdène	Tc Technétium	Ru Ruthénium	Rh Rhodium	Pd Palladium	Ag Argent	Cd Cadmium	In Indium	Sn Etain	Sb Antimoine	Te Tellure	I Iode	Xe Xénon
<b>48</b>												<b>86</b>					
Cs Césium	Ba Baryum		Hf Hafnium	Ta Tantale	W Tungstène	Re Rhénium	Os Osmium	Ir Iridium	Pt Platine	Au Or	Hg Mercure	Tl Thallium	Pb Plomb	Bi Bismuth	Po Polonium	At Astate	Rn Radon
<b>64</b>												<b>118</b>					
Fr Francium	Ra Radium																

$n$ : le nombre quantique principal

*Moyens mnémotechniques:*

**$n=2$ : Lili Bésa Bien Chez Notre  
Oncle Florentin Nestor**

**$n=3$ : Napoleon Mangea Allegrement  
Six Poulet Sans Claquer d'Argent**

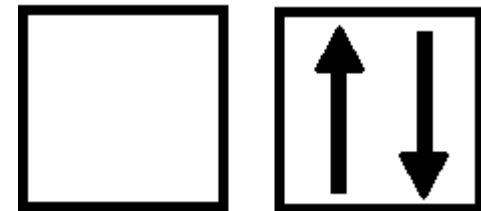
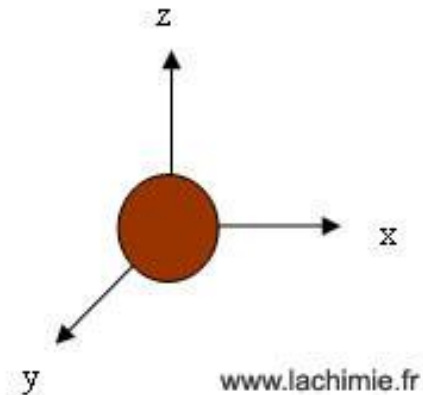
Permet de calculer l'énergie de l'électron

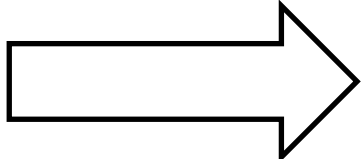
$\ell$ : le nombre quantique secondaire

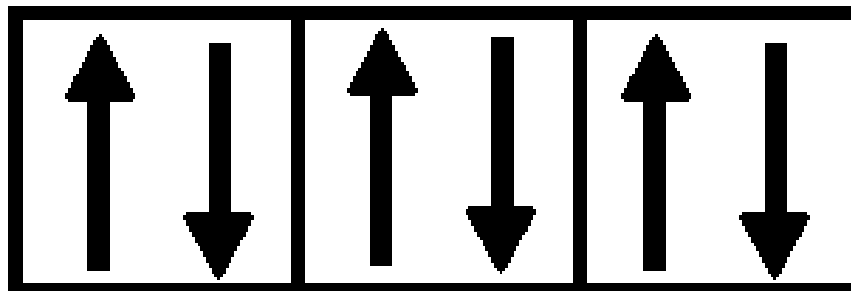
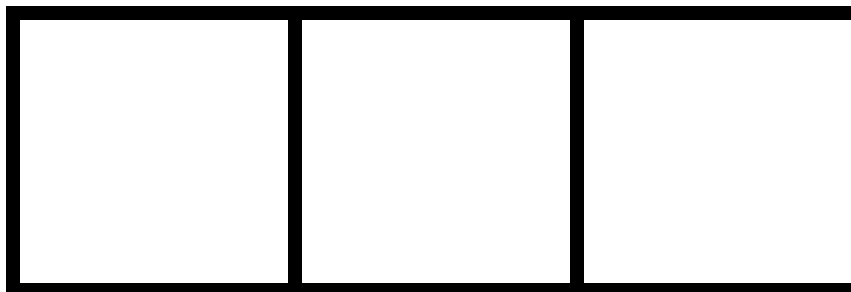
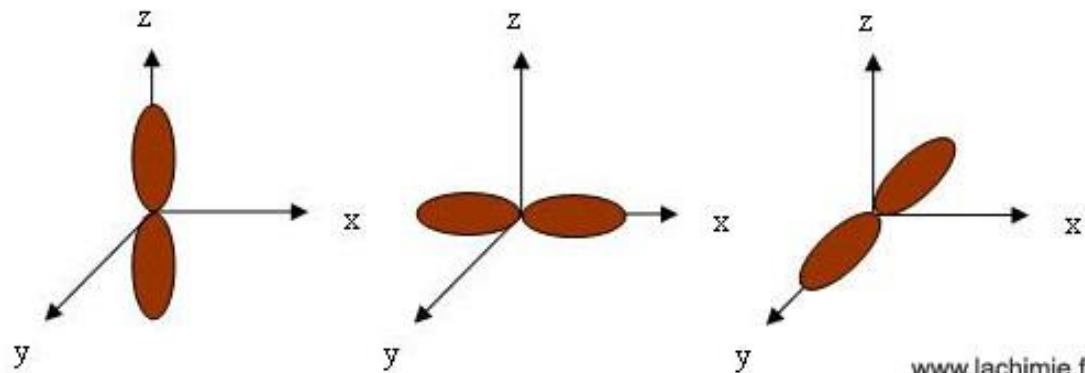
Il détermine la forme de l'orbital atomique

$$0 \leq \ell \leq n-1$$

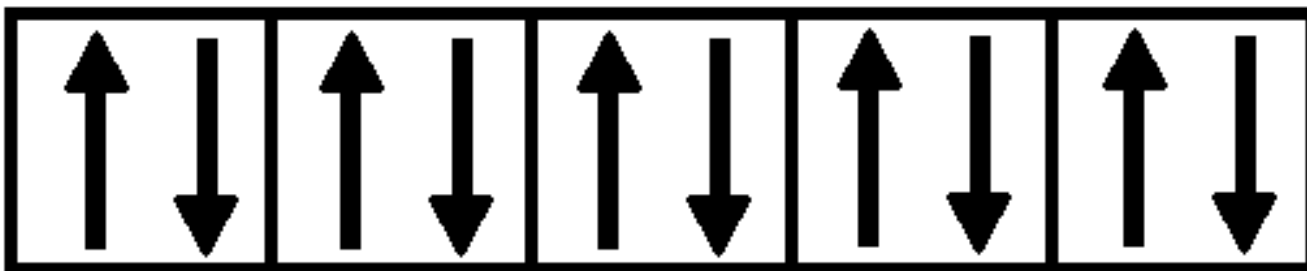
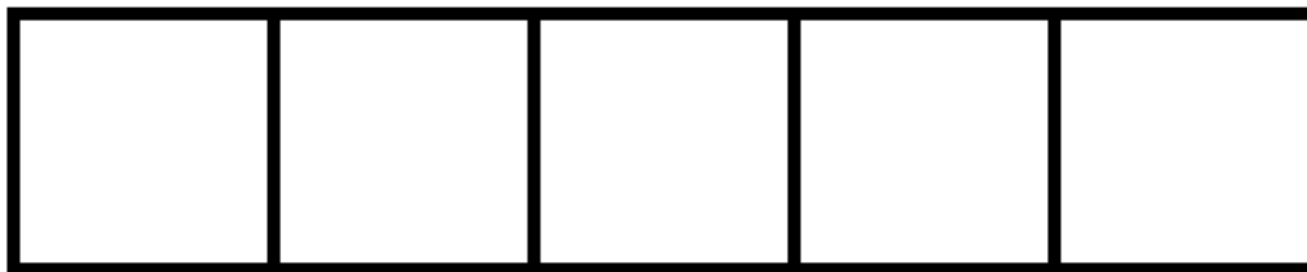
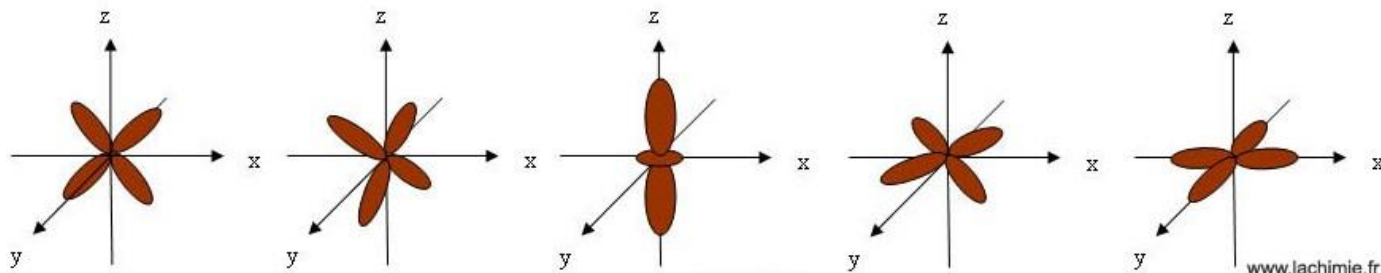
$\ell=0 \implies$  OA de type s  
(contient 2 électrons  
et 1 case quantique)



$l=1$   OA de type p  
(contient 6 électrons et 3 cases quantiques dégénérées)



$l=2$  OA de type d (contient 10 électrons et 5 cases quantiques dégénérées)

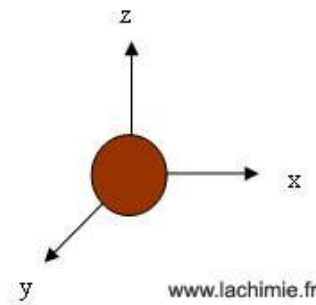


$m$ : le nombre quantique magnétique

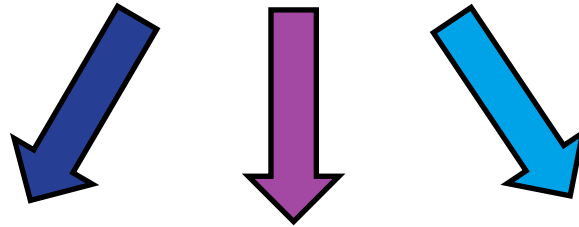
Il définit l'orientation de l'électron dans son orbitale atomique, et la case quantique dégénérée

$$-l \leq m \leq l$$

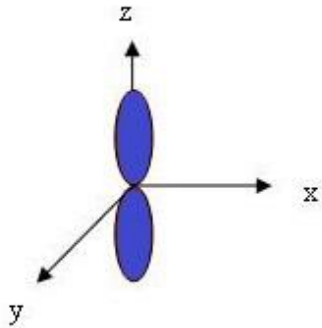
$$l=0 \Rightarrow m=0$$



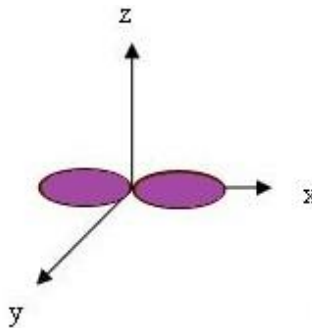
$l=1$



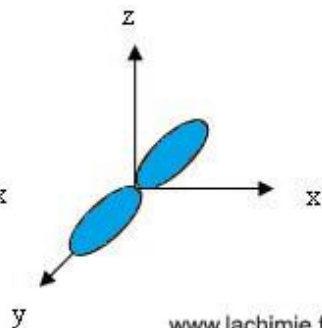
$m=-1$



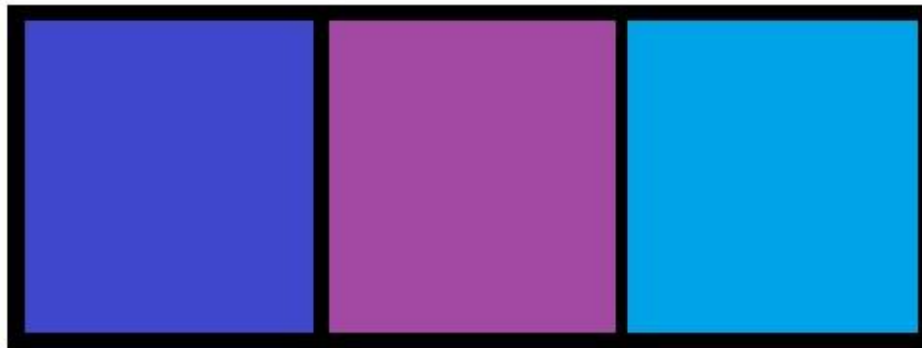
$m=0$



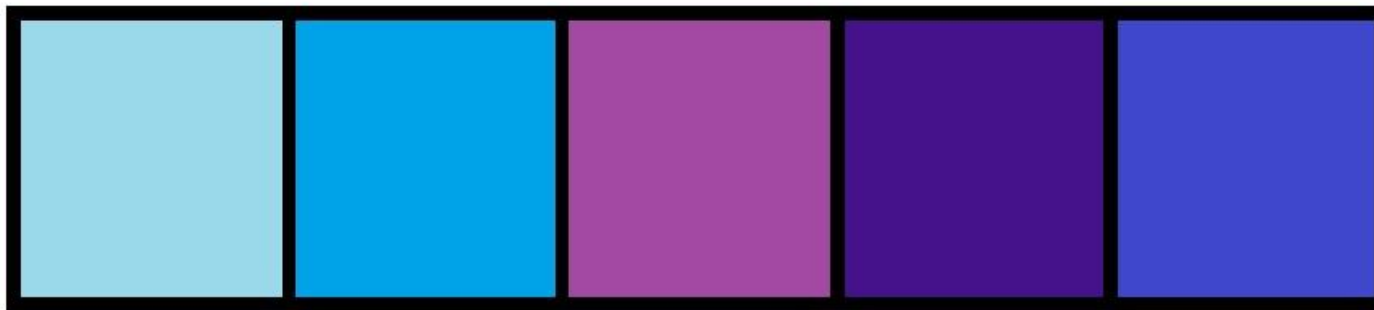
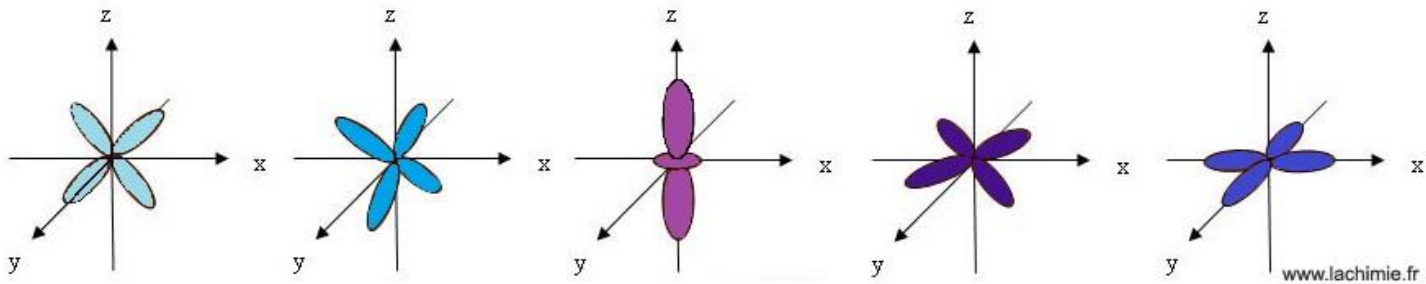
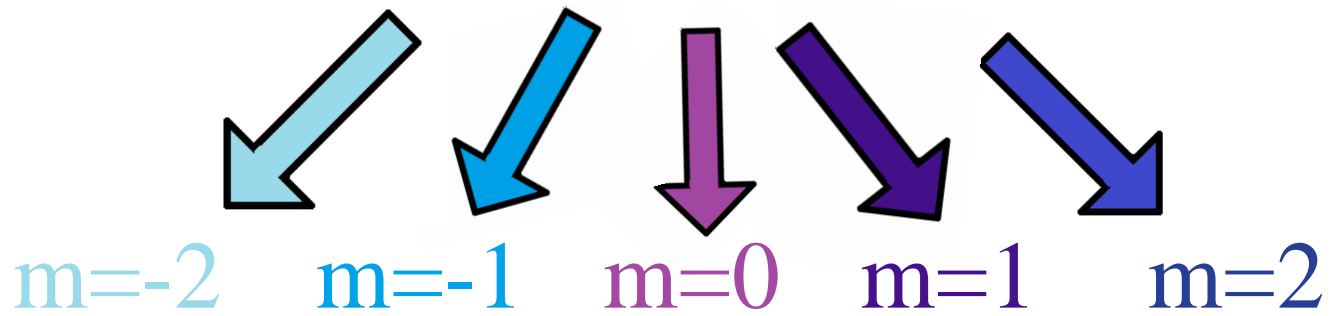
$m=1$



www.lachimie.fr



$l=2$



# s: le nombre quantique de spin

Il définit l'orientation de l'électron dans sa case quantique:

- $s=1/2$
- $s=-1/2$



Donner la (ou les) combinaison(s)  
de nombres quantiques possible(s)



A)  $n=0$   $l=0$   $m=0$   $s=-1/2$

B)  $n=1$   $l=2$   $m=0$   $s=1/2$

C)  $n=3$   $l=2$   $m=-2$   $s=1/2$

D)  $n=4$   $l=3$   $m=4$   $s=1/2$

E) Toutes les réponses proposées sont fausses

# Correction

Réponse: C

A)  $n=0$   $l=0$   $m=0$   $s=-1/2$

$$n > 0$$

B)  $n=1$   $l=2$   $m=0$   $s=1/2$

$$0 \leq l \leq n-1$$

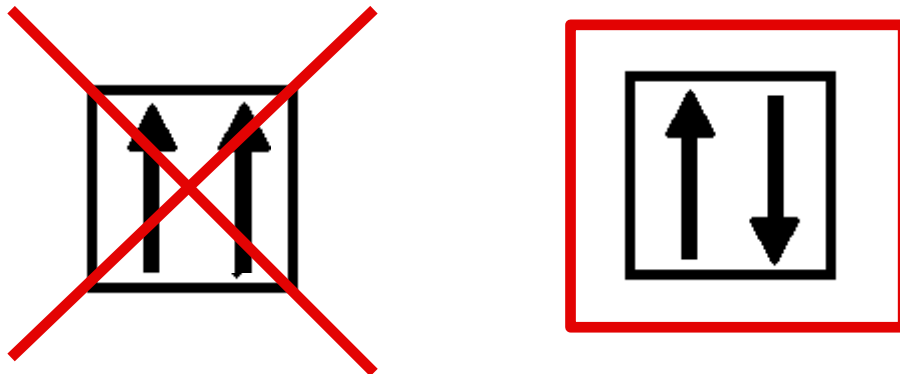
C)  $n=3$   $l=2$   $m=-2$   $s=1/2$

D)  $n=4$   $l=3$   $m=4$   $s=1/2$

$$-l \leq m \leq l$$

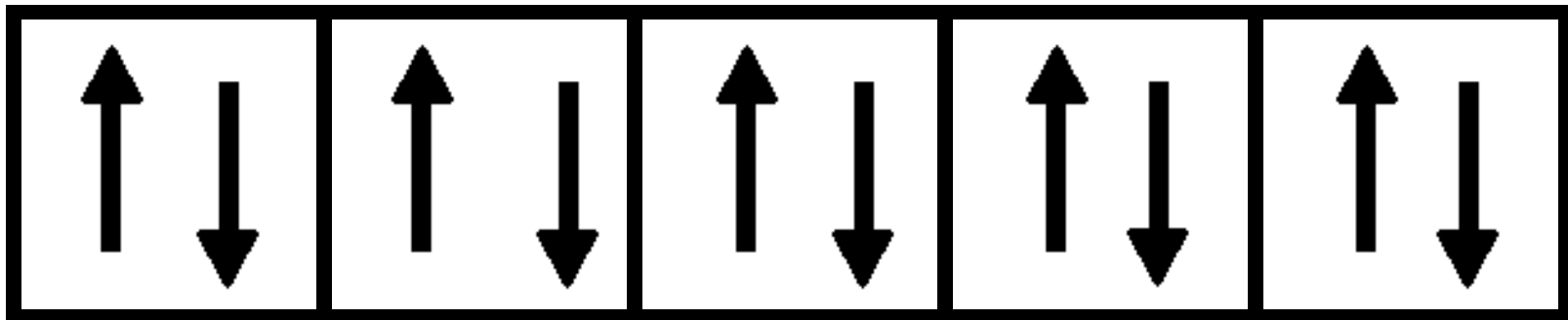
# Le principe d'exclusion de Pauli

Chaque électron d'un élément est défini par une combinaison unique des 4 chiffres quantiques, par un état quantique.



# La règle de Hund

On place d'abord les électrons , dans les cases quantiques dégénérées, de manière puis une fois que chaque case quantique dégénérée de l'orbital possède un électron, on commence à placer les électrons de spin opposé



# La règle du « $n + \ell$ » minimal

Donne le diagramme de Klechkowski:

$ss/ps/ps/dps/dps/fdps$

Bloc s		Bloc d										Bloc p																																					
$ns^1$												$np^1$ $np^2$ $np^3$ $np^4$ $np^5$																																					
1 H Hydrogène												2 He Hélium																																					
3 Li Lithium	4 Be Béryllium											5 B Bore	6 C Carbone	7 N Azote	8 O Oxygène	9 F Fluor	10 Ne Néon																																
11 Na Sodium	12 Mg Magnésium	13 Al Aluminium	14 Si Silicium	15 P Phosphore	16 S Soufre	17 Cl Chlore	18 Ar Argon	19 K Potassium	20 Ca Calcium	21 Sc Scandium	22 Ti Titane	23 V Vanadium	24 Cr Chrome	25 Mn Manganèse	26 Fe Fer	27 Co Cobalt	28 Ni Nickel	29 Cu Cuivre	30 Zn Zinc	31 Ga Gallium	32 Ge Germanium	33 As Arsenic	34 Se Sélénium	35 Br Brome	36 Kr Krypton																								
37 Rb Rubidium	38 Sr Strontium	39 Y Yttrium	40 Zr Zirconium	41 Nb Niobium	42 Mo Molybdène	43 Tc Technétium	44 Ru Ruthénium	45 Rh Rhodium	46 Pd Palladium	47 Ag Argent	48 Cd Cadmium	49 In Indium	50 Sn Etain	51 Sb Antimoine	52 Te Tellure	53 I Iode	54 Xe Xénon	55 Cs Césium	56 Ba Baryum	57 La Lanthane	58 Ce Cérite	59 Pr Praseodyme	60 Nd Néodyme	61 Pm Prométhée	62 Sm Samarium	63 Eu Europium	64 Gd Gadolinium	65 Tb Terbium	66 Dy Dysprosium	67 Ho Holmium	68 Er Erbium	69 Tm Thulium	70 Yb Ytterbium	71 Lu Lutécium	72 Hf Hafnium	73 Ta Tantalum	74 W Wolfram	75 Re Rhenium	76 Os Osmium	77 Ir Iridium	78 Pt Platine	79 Au Or	80 Hg Mercure	81 Tl Thallium	82 Pb Plomb	83 Bi Bismuth	84 Po Polonium	85 At Astatine	86 Rn Radon

# La configuration électronique du soufre



Son nombre d'électron: ???

1 H Hydrogène																	2 He Hélium																														
3 Li Lithium	4 Be Béryllium																	5 B Bore	6 C Carbone	7 N Azote	8 O Oxygène	9 F Fluor	10 Ne Néon																								
11 Na Sodium	12 Mg Magnésium																	13 Al Aluminium	14 Si Silicium	15 P Phosphore	16 S Soufre	17 Cl Chlore	18 Ar Argon																								
19 K Potassium	20 Ca Calcium	21 Sc Scandium	22 Ti Titane	23 V Vanadium	24 Cr Chrome	25 Mn Manganèse	26 Fe Fer	27 Co Cobalt	28 Ni Nickel	29 Cu Cuivre	30 Zn Zinc	31 Ga Gallium	32 Ge Germanium	33 As Arsenic	34 Se Sélénium	35 Br Brome	36 Kr Krypton																														
37 Rb Rubidium	38 Sr Strontium	39 Y Yttrium	40 Zr Zirconium	41 Nb Niobium	42 Mo Molybdène	43 Tc Technétium	44 Ru Ruthénium	45 Rh Rhodium	46 Pd Palladium	47 Ag Argent	48 Cd Cadmium	49 In Indium	50 Sn Etain	51 Sb Antimoine	52 Te Tellure	53 I Iode	54 Xe Xénon																														
55 Cs Césium	56 Ba Baryum																	57 La Lanthane	58 Ce Cérium	59 Pr Praseodyme	60 Nd Néodyme	61 Pm Prométhée	62 Sm Samarium	63 Eu Europ	64 Gd Gadolinium	65 Tb Terbium	66 Dy Dysprosium	67 Ho Holmium	68 Er Erbium	69 Tm Thulium	70 Yb Ytterbium	71 Lu Lutécium	72 Hf Hafnium	73 Ta Tantale	74 W Tungstène	75 Re Rhénium	76 Os Osmium	77 Ir Iridium	78 Pt Platine	79 Au Or	80 Hg Mercure	81 Tl Thallium	82 Pb Plomb	83 Bi Bismuth	84 Po Polonium	85 At Astate	86 Rn Radon
87 Fr Francium	88 Ra Radium																	89 Ac Actinium																													

**n=3: Napoleon Mangea Allegrement  
Six Poulet Sans Claquer d'Argent**

Deux cases avant l'Argon  $\Rightarrow$   $18-2=16$

# La configuration électronique du soufre

Son nombre d'électron : 16

ss ps ps dps dps fdps fdps

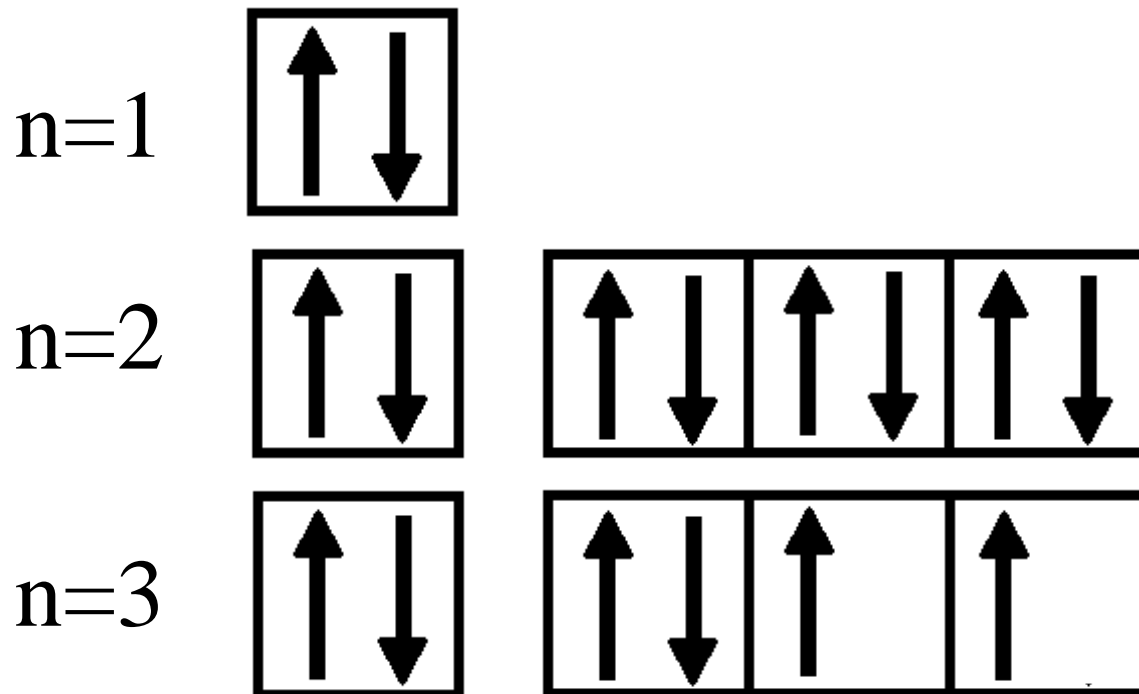
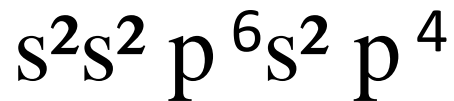
~~$s^2s^2 p^6s^2 p^4s \text{ dps dps fdps fdps}$~~

➔  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$



# La configuration électronique du soufre

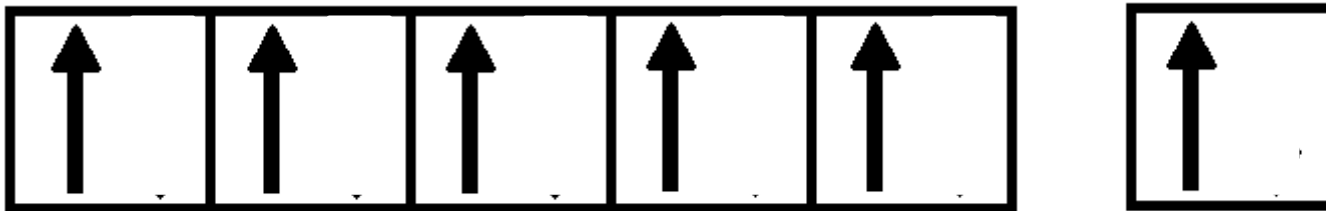
Son nombre d'électron : 16



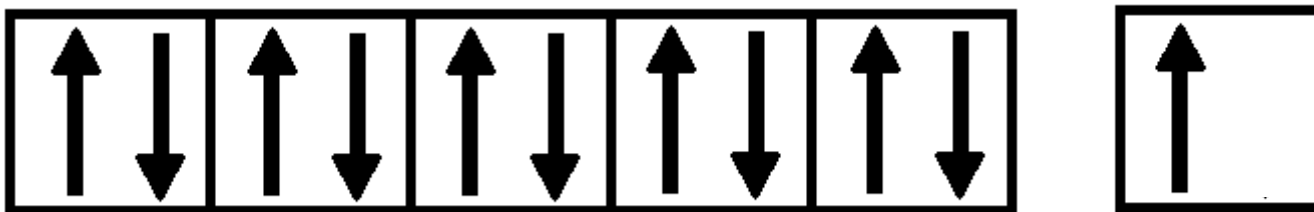
# Les exceptions

- $(\underline{n+1})s^2 \underline{nd}^{10} \rightarrow \underline{nd}^{10} (\underline{n+1})s^2$

- $(\underline{n+1})s^2 \underline{nd}^4 \rightarrow (n+1)s^1 nd^5 \rightarrow nd^5 (n+1)s^1$



- $(\underline{n+1})s^2 \underline{nd}^9 \rightarrow (n+1)s^1 \underline{nd}^{10} \rightarrow \underline{nd}^{10} (\underline{n+1})s^1$



# Configuration électronique des ions



**Anions**: gain(s) d'électron  $\Rightarrow$  **néгатif**  
Les électrons gagnés s'ajoute suivant les règles vu précédemment.

**Cations** : perte(s) d'électron  $\Rightarrow$  **positif**  
Les électrons perdus s'enlèvent en partant des couches les plus externes.

Ex: Fe ( $Z=26$ ) :  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^6$   
 $\rightarrow$  Fe<sup>2+</sup> :  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6$

# Vocabulaire

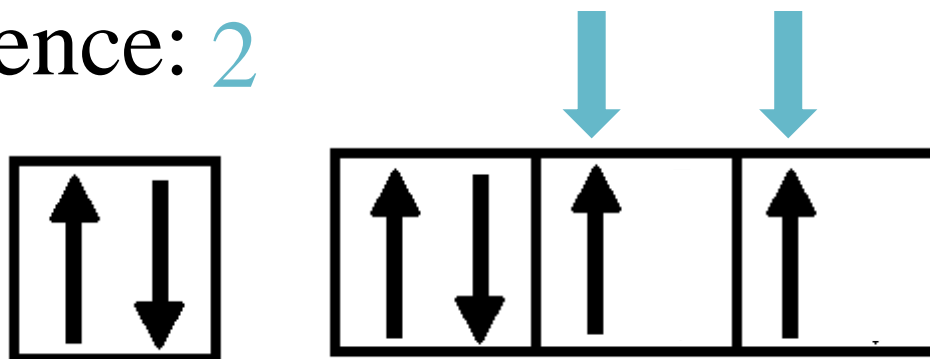
- **Couche de valence** : elle correspond à la couche n la plus élevée et contient donc les  $e^-$  les plus externes
- **Electron(s) de valence** : il s'agit des  $e^-$  de la couche de valence
- **Valence** : c'est le nombre d' $e^-$  célibataire et donc de liaisons disponibles possibles avec d'autres atomes

# Application: Le Soufre

- Sa configuration électronique:



- Sa couche de valence:  $n=3$
- Ses électrons de valence:  $6e^-$
- Sa valence: 2



## II. Les propriétés électroniques

### A. Les propriétés électroniques

- Les atomes **paramagnétiques**:  
Possèdent **un ou plusieurs** électrons célibataires
- Les atomes **diamagnétiques**:  
Ne possèdent **aucun** électron célibataire

*Moyen mnémotechnique :*

diamagnétique → deux  $e^-$  par case quantique

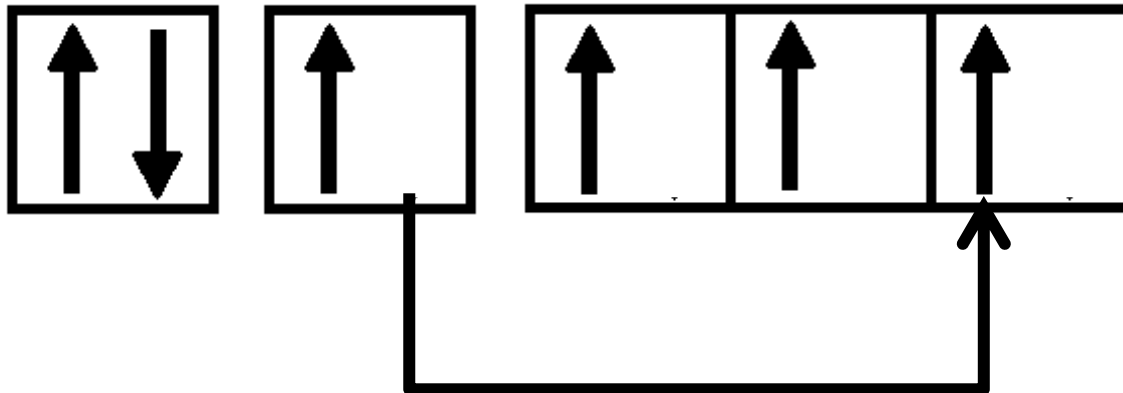
## B. L'hypervalence

*Conditions:* L'atome possède des cases quantiques dégénérées vides **de même nombre quantique  $n$**  qu'un ou plusieurs doublets non liants.

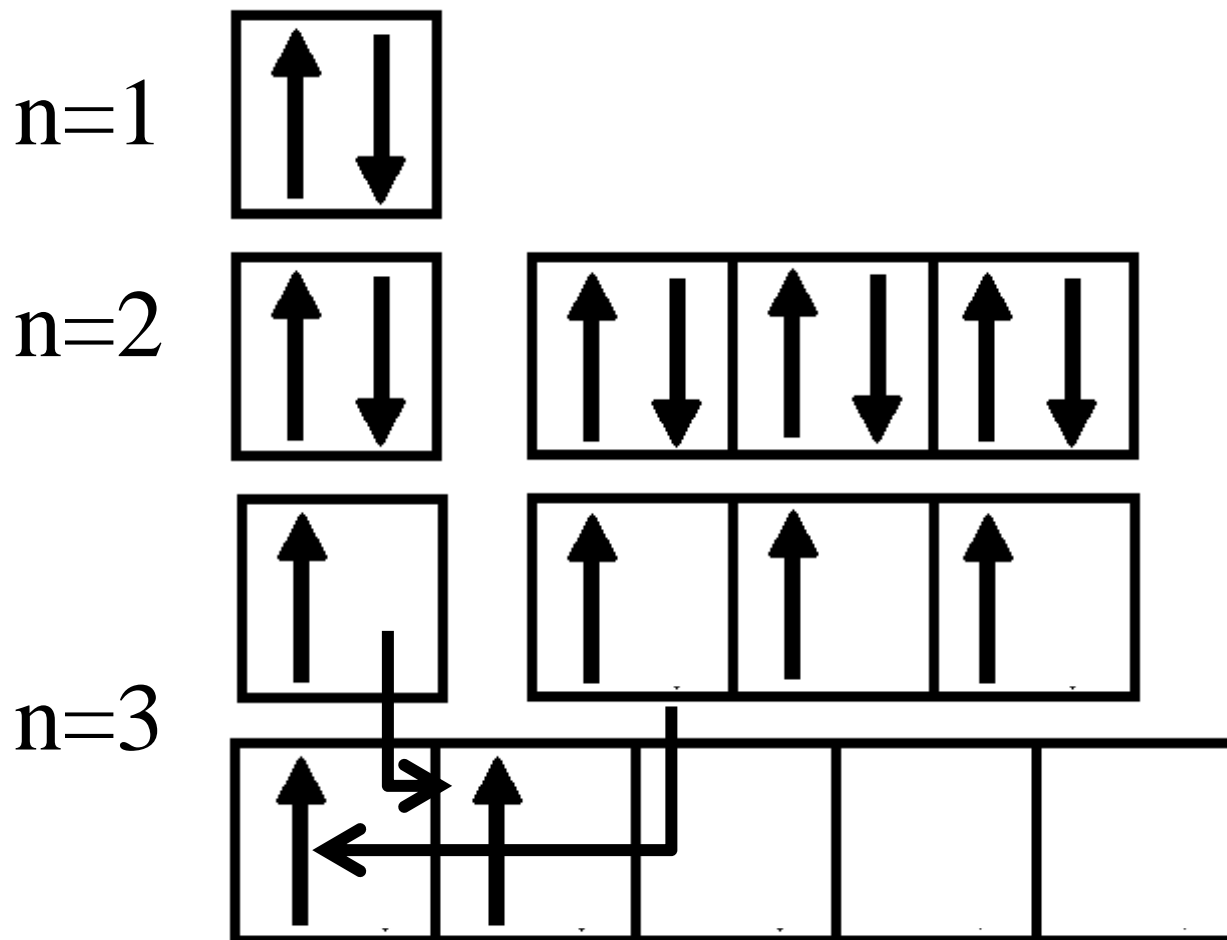
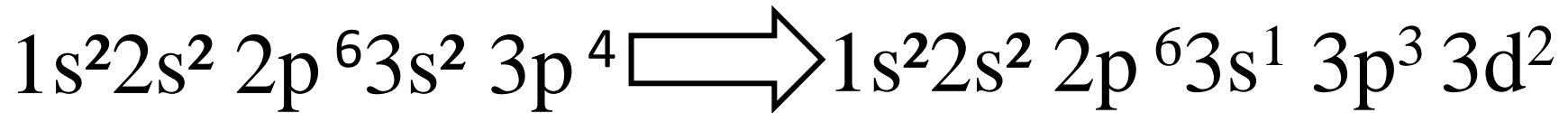
- Valence secondaire: Le carbone ( $_6\text{C}$ )

ss ps ps dps dps fdps fdps

~~$1s^2 2s^2 2p^2 s \text{ ps dps dps fdps fdps}$~~



- Valence tertiaire: le soufre ( ${}_{16}\text{S}$ )



# III. Les différents états de l'atome

- Etat fondamental: tous les électrons de l'atome se trouvent sur leur couche respective qui est la plus basse possible
- Etat ionisé: L'atome a un électron en moins sur un de ses couches
- Etat excité: Un (ou plusieurs) électron(s) ne se trouvent pas sur la couche la plus basse possible

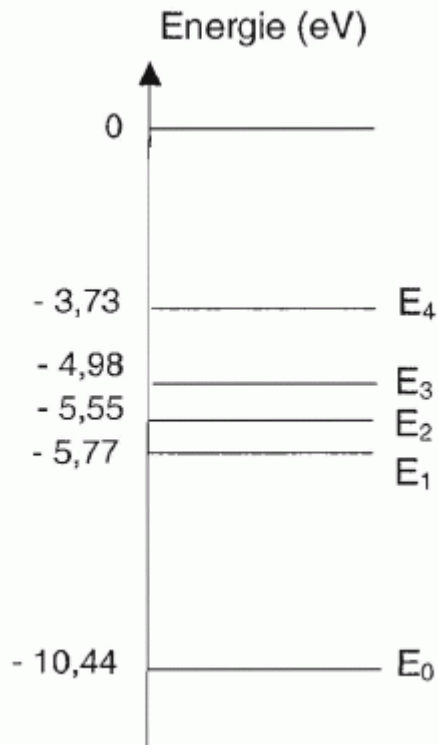
Chaque couche ayant une énergie quantifiée et propre à l'élément et la couche considérée. Pour les hydrogénoïdes:

$$E_n(\text{en eV}) = - \frac{(K \times Z^2)}{n^2}$$

Z=nombre atomique

n=niveau d'énergie de l'électron

K=13.6eV

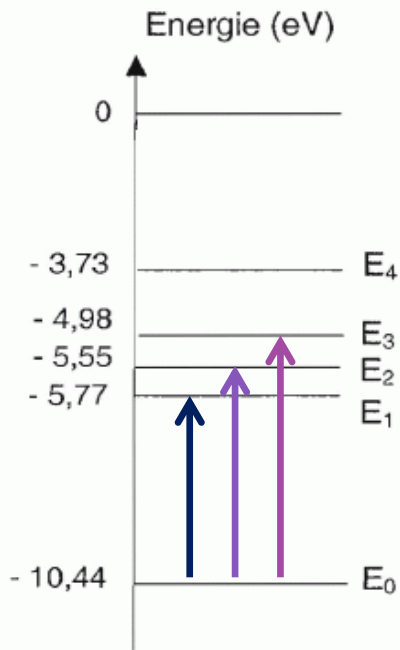


$E_n$  est toujours négative !!!  
Au delà de 0 il y a ionisation

A savoir:

$$1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{J}$$

Excitation: nécessite de l'énergie quantifiée  
(=exactement la différence entre les deux  
couches électroniques) apporté par des photons



$$E_{n \rightarrow n'} (\text{en eV}) = 13,6 \times Z^2 \times \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{n'^2} \right)$$

## Désexcitation:

- presque instantanée
- relâche de l'énergie quantifiée (=exactement la différence entre les deux couches électroniques) sous forme de lumière par des photons

$$E_{n \rightarrow n'} (\text{en eV}) = 13,6 \times Z^2 \times \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{n'^2} \right)$$

# Tableau périodique :encore lui!

1	H Hydrogène
3	Li Lithium
11	Na Sodium
19	K Potassium
37	Rb Rubidium
55	Cs Césium
87	Fr Francium

**H**omme **L**ibre **NA**ît **K**elque fois  
**RoB**uste c'est le **CaS** en **F**rance  
**H**ydrogene + Alcalins  
 type  $ns^1$   
 Mono-cation

# Tableau périodique :encore lui!

Florentin **CL**aqua **BR**utatement  
Irène **A** Terre

Halogènes  
type  $ns^2 np^5$   
mono-anion

9
F Fluor 17
Cl Chlore 35
Br Brome 53
I Iode 85
At Astate

# Tableau périodique :encore lui!

**Hercule Négligea d'Arracher le  
Korsage de Xena et Ronfla:**

Gaz rare:

type  $ns^2 np^6$

Extremmement stable

2
He Hélium
10
Ne Néon
18
Ar Argon
36
Kr Krypton
54
Xe Xénon
86
Rn Radon

# Conclusion

- Connaître le tableau périodique des éléments
- Un certain nombre d'exercices type à savoir réaliser
- Des points faciles à gagner donc à ne surtout pas rater!

# Bon courage à tous



Voici la musique de conclusion pour vous réconforter après des exercices de thermodynamiques: The Wiggles, Ninimporte Nawak:

[http://www.youtube.com/results?search\\_query=wiggles+n%27importe+nawak&oq=wiggles+n&gs\\_l=youtube.1.0.0.534767.538625.0.540920.10.7.0.3.3.0.485.1766.1j4j4-2.7.0...0.0...1ac.1.11.youtube.YIKb1QZJ9ck](http://www.youtube.com/results?search_query=wiggles+n%27importe+nawak&oq=wiggles+n&gs_l=youtube.1.0.0.534767.538625.0.540920.10.7.0.3.3.0.485.1766.1j4j4-2.7.0...0.0...1ac.1.11.youtube.YIKb1QZJ9ck)

*Le tutorat est gratuit. Toute reproduction ou vente est interdite*