

# **SOMMAIRE**

- **AVANT-PROPOS**
  
- **CONTRIBUTION A L'EXPLOITATION DE LA CLASSIFICATION PERIODIQUE DES ELEMENTS (DE I à XXX)**
  
- **CONTEXTE**
  
- **CURRICULUM VITAE**

**- AVANT – PROPOS -**

*L'exploitation progressive de la classification périodique des éléments conduit à trois règles s'appliquant à la quasi-totalité des éléments connus.*

*Aussi l'objectif reste et demeure la diffusion actuelle, diverses investigations pouvant enrichir l'horizon des connaissances du lecteur.*

*Puisse viser sur cette lancée, non seulement les Lanthanides mentionnés, mais encore l'examen similaire des Actinides.*

*Et la présente contribution durant la retraite produira alors les fruits escomptés.*

**Paul MBOK**

**CONTRIBUTION A L'EXPLOITATION**  
**DE LA CLASSIFICATION PERIODIQUE DES ELEMENTS**

**INTRODUCTION**

- **APPLICATION DE TROIS REGLES ET DEDUCTION DE FORMULES QUANTIQUES D'ELEMENTS**
  
- **DETERMINATION DES NIVEAUX (S, P, D, F) DE L'ETAT FONDAMENTAL D'UN ELEMENT ET TABLEAU RECAPITULATIF**
  
- **AUTRE DEFINITION D'UN GROUPE D'ELEMENTS**
  
- **EXEMPLE DE CLASSIFICATION PERIODIQUE DES ELEMENTS A NOTATION FONCTIONNELLE DES GROUPES B (DE 3B A 12B)**

**CONCLUSION**

## INTRODUCTION

Dans plusieurs domaines de la connaissance, l'idée de classification fut rapidement approuvée et toujours pour répondre au double souci d'ordre et de clarté.

L'histoire des sciences rapporte, en particulier, un certain cheminement, celui de la Classification Périodique, avec des propositions entérinées ou rejetées, mais toujours aux visées rationnelles.

En dehors des travaux de THENARD, DOBEREINER, DE CHANCOURTOIS, NEWLANDS et bien d'autres, l'une des étapes intéresse quelques permutations d'éléments tels K et Ar, Co et Ni, Te et I sans ordre croissant de masses atomiques et malgré les prévisions de MENDELEEV.

Justification apportée plus tard, et notamment par la loi de MOSELEY :

$\sqrt{\nu} = k_1 (z + k_2)$  montrant qu'un numéro atomique reste caractéristique de tout élément.

Aussi la classification périodique des Eléments par ordre croissant des numéros atomiques sera encore l'objet de nos efforts pouvant exploiter et toujours à dessein.

Et dans cette perspective, il devient nécessaire de rappeler certaines observations ayant marqué le début d'une classification pour éléments actuellement découverts.

Il fut remarqué en effet un terme nouveau, à savoir « groupe d'éléments », terme considéré dès le 19<sup>ième</sup> siècle comme groupe d'éléments à propriétés physiques et chimiques semblables et donc tributaire d'une configuration électronique éventuelle.

Et dans le même ordre d'idées, plusieurs groupes similaires (A) ou (B) à propriétés comparables représentent autant de champs d'application de règles expérimentales. Celles-ci, ainsi qu'une troisième règle relative aux Lanthanides, pourront retrouver avec précision et célérité, les couches électroniques périphériques nécessaires et même par voie de déduction les formules quantiques ou électroniques des éléments connus.

Sans modification de l'ordre croissant des numéros atomiques, la classification périodique associée fait ressortir une nouvelle et utile notation des groupes (B) ; Apparition dès lors d'une règle applicable aux éléments particuliers ou non, mais s'appuyant toujours sur une légende d'origine expérimentale et tellement indispensable.

Détermination de l'état fondamental et tableau récapitulatif indiquent par ailleurs la possibilité de réduire certains calculs nécessaires.

D'un seul coup d'œil en effet, une notation ( $^3P_0$ ) convient à l'ensemble (Si, Ge, Sn, Pb) et donc pour (C), chef de file du Groupe (4A), exemple parmi tant d'autres déductions ultérieures.

Aussi les règles signalées et à commenter par la suite resteront applicables à la quasi-totalité de la classification périodique. Ces mêmes règles conduiront sans doute à diverses conclusions, en toute célérité, devant des cas courants à mentionner, des cas particuliers aussi et parfois sans classification périodique comme repère essentiel.

## A/ APPLICATION DE TROIS REGLES ET DEDUCTION DE FORMULES QUANTIQUES D'ELEMENTS

### I-/ Première règle (relative aux groupes A notés de 1<sub>A</sub> à 8<sub>A</sub>)

Aux groupes (A),

La somme maximale des nombres d'électrons (s) et (p) de la couche externe d'un élément s'identifie, en général, au numéro N<sub>A</sub> d'un groupe donné :

$$\text{Soit } x_{(s)} + y_{(p)} = N_A$$

Expression où  $x_{(s)}$  et  $y_{(p)}$  sont les nombres respectifs des électrons (s) et (p) et toujours en accord avec le principe de PAULI.

De même les orbitales atomiques d'électrons (s), (p), (d) et (f) resteront respectivement liées au nombre quantique secondaire  $\ell = 0, 1, 2$  et 3.

Exemples de groupes:

**Groupe 5A:**  $2_{(s)} + 3_{(p)} = 5$

#### 1°/ Le cas des trois premières périodes

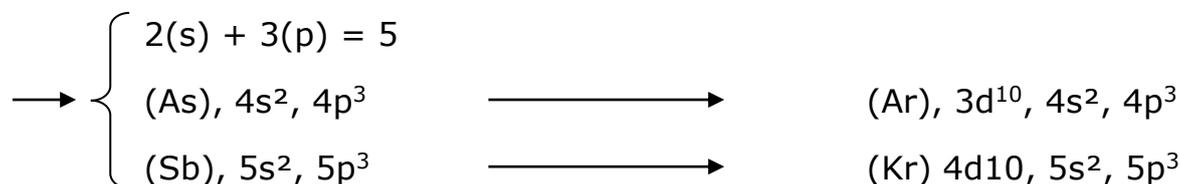


Couche  
électronique  
externe du phosphore

Formule quantique  
du phosphore

(N<sub>e</sub>) tenant lieu de tout gaz rare qui précède ou non l'élément concerné.

#### 2°/ Pour les 4<sup>e</sup> et les 5<sup>e</sup> périodes



Toutes les orbitales (d) déjà saturées restant inchangées après les groupes B et pour le compte des couches internes alors que les couches externes demeurent et conformément à la règle appliquée.

#### 3°/ l'exemple particulier d'un élément de la 6<sup>e</sup> période

$$2_{(s)} + 3_{(p)} = 5$$

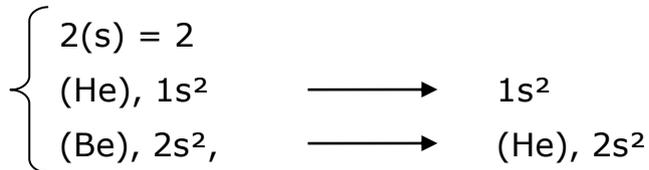


La sous-couche 4f étant complètement garnie après la série des lanthanides

**Groupe 3A:**  $2(s) + 1(p) = 3$



**Groupe 2A:**  $2(s) + 0(p) = 2$



L'unique couche électronique de l'hélium est donc sans gaz rare précédent.

Aussi la place de l'hélium juste au-dessus du Béryllium paraît compatible avec la première règle mentionnée, malgré la présence indiquée parfois au groupe 8(A) devenu caractéristique d'autres gaz rares progressivement découverts.

**II/Deuxième règle :** (applicable aux groupes B notés de 3B à 12B)

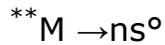
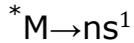
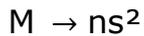
Aux groupes (B),

La somme des nombres d'électrons (s) de la couche externe et (d) de la couche sous-jacente d'un élément s'identifie au numéro  $N_B$  d'un groupe donné.

D'où la relation  $x_s + z_d = N_B$  avec  $x(s)$  et  $z(d)$  les nombres respectifs des électrons (s) et (d).

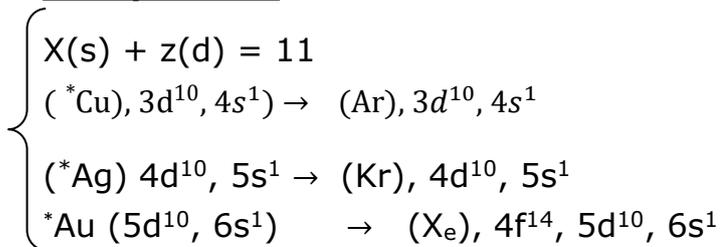
Eu égard aux données expérimentales, certaines investigations ont conduit aux éléments précédés ou non d'astérisques pour que les nombres réduits d'électrons (s) soient plus accessibles, ceux d'électrons (d) pouvant se déduire conformément à la 2<sup>e</sup> règle et qui s'apparente aussi à une loi expérimentale.

Avec quelques indications succinctes de la classification périodique associée et à titre de vérification, soit M le symbole d'un élément concerné :

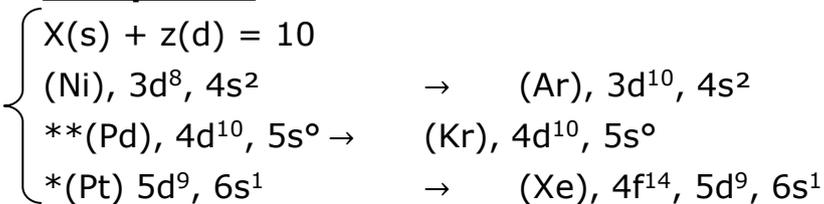


On considère alors, au travers de certains éléments, ce qui suit :

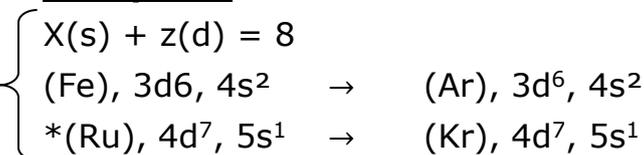
### **Groupe 11B :**



### **Groupe 10B**



### **Groupe 8B**



A la lumière de la deuxième règle ainsi appliquée, on retrouve aisément les couches électroniques périphériques toujours très utiles pour tout élément à étudier. Les gaz rares qui précèdent l'élément considéré se déduisent tout simplement de la classification périodique des éléments, l'ordre conservant aussi certains électrons (f) dans la formule quantique et provenant de la série des Lanthanides.

Pour une légende conforme et sommaire Ag et Au concernent bien la notation ( $ns^1$ ),  $^*Cu$  étant véritablement particulier comme voisinage d'une sous-couche remplie.

D'après ce qui précède, l'intérêt d'un groupe n'échappe donc à personne. Et même un numéro atomique ( $z$ ) susceptible d'encadrement, mène aux déductions antérieures. Il suffira alors de préciser le gaz rare précédent, le groupe en question, et l'élément à examiner.

### III / Troisième règle : (relative aux Lanthanides)

Pour tout élément de la série des Lanthanides,

La somme des électrons ( $s$ ) de la couche externe, ( $d$ ) de la couche sous-jacente et ( $f$ ) de la sous-couche  $4f$  d'un élément indique le nombre  $ne + 3$ .

Ne étant le numéro effectif dans la série.

Ce qui traduit  $x_{(s)} + z_{(d)} + t_{(f)} = ne + 3$  avec  $t_{(f)}$  le nombre d'électrons ( $f$ )

Conséquence :

La relation ci-dessous de ramène à l'égalité :

$$t(f) = ne$$

Les sous-couches  $ns$  et  $(n-1)d$  conservant trois électrons du Lanthane. Ce qui s'écrit alors pour le cas du cérium,  $ne = 1$

$$\text{Ou } \begin{cases} x(s) + z(d) + t(f) = 4 \\ ((\text{Ce}), 4f^1, 5d^1, 6s^2 \rightarrow (\text{Xe}), 4f^1, 5d^1, 6s^2 \end{cases}$$

Le cas particulier des Actinides

Dans le cadre des autres investigations, les formules quantiques révèlent que les nombres d'électrons des sous-couches  $5f$  et  $6d$  ne sont pas les mêmes, mais on constate cependant, que la relation

$$X(s + z(d) + t(f)) = ne + 3$$

Ecrirait encore comme l'indique, à titre de bibliographie, l'ensemble de deux ouvrages suivants :

- G. PANNETIER ; Chimie Générale : Atomistique et liaisons chimiques.
- H. GUERIN ; Chimie :

M.P.C – Préparation aux grandes écoles

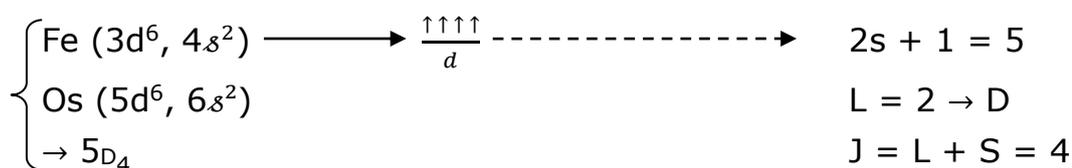
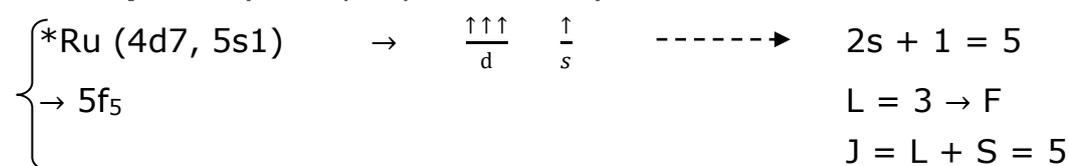
Au regard des exemples parcourus et pour une question de concision, certaines conclusions se prêtent à quelques vérifications éventuelles. Aussi les règles, de plus vaste champ d'application interviendront, et de la même manière, pour tout élément d'un groupe donné. Il suffira alors de déterminer, de proche en proche, l'état fondamental compatible avec un tableau récapitulatif.

## B/ DETERMINATION DES NIVEAUX (S, P, D, F) DE L'ETAT FONDAMENTAL D'UN ELEMENT ET TABLEAU RECAPITULATIF

### I/ - Désignation des niveaux d'énergie (S, P, D, F) et figures associées

1) **1<sup>er</sup> cas** : Groupe à un seul élément particulier (précédé d'astérisque \*) les règles antérieurement appliquées précisent immédiatement les électrons célibataires représentant les flèches habituelles indiquant le spin maximal suivi de la multiplicité ( $2s + 1$ ) et finalement le nombre quantique interne.

#### Groupe 8B (exemple préliminaire)



On constate alors que (Ru) élément particulier noté \*Ru, a un état fondamental  $5F_5$  différent de celui des deux autres à même configuration électronique des couches périphériques.

Exemple d'application de certaines règles de H U N D relatives aux électrons équivalents ( $n, \ell$ ) et d'autres remarques portant sur la composition des vecteurs

$$\sum \vec{\ell}_i = \vec{L} = \vec{\ell}_1 + \vec{\ell}_2 + \vec{\ell}_3 + \dots$$

D'où la nécessité de quelques précisions conduisant à la désignation des niveaux S, P, D et F ...

Et en guise de rappel, il s'agit d'un moment cinétique orbital,

- Défini par  $\vec{\rho} = \overrightarrow{OM} \wedge m \vec{V}$
- De même direction de  $\vec{B} = \vec{T} \wedge \vec{N}$  vecteur unitaire binormal du trièdre direct  $(\vec{T}, \vec{N}, \vec{B})$  de FRENET
- Perpendiculaire au plan d'une trajectoire circulaire ou elliptique, dans le cadre d'un atome de BOHR – SOMMERFELD
- De module constant  $|\vec{\rho}| = 2 \left| \frac{\overrightarrow{OM} \wedge m \vec{V}}{2} \right|$
- Avec  $\left| \frac{\overrightarrow{OM} \wedge m \vec{V}}{2} \right| = cte$  (vitesse aréolaire) et M représentant l'électron en mouvement
- Les deux vecteurs  $\vec{\rho} = \overrightarrow{OM} \wedge m \vec{V}$  et  $\vec{B} = \vec{T} \wedge \vec{N}$  étant de même sens et linéairement dépendants.

Sans oublier la notion d'orbitale atomique, RUSSEL-SAUNDERS écrivait, à propos du cas de deux électrons,  $\vec{L} = \vec{\ell}_1 + \vec{\ell}_2$  de toutes les façons possibles.

Une généralisation est même signalée par G. PANNETIER, dans son ouvrage : Atomistique et liaisons chimiques (pages 138) :

$$\vec{L} = \vec{\ell}_1 + \vec{\ell}_2 + \vec{\ell}_3 + \dots$$

Et dans cette optique,

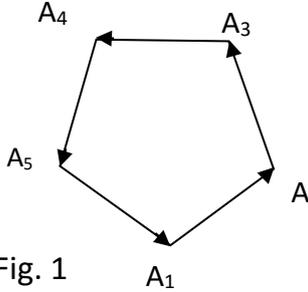
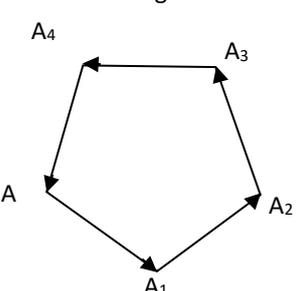
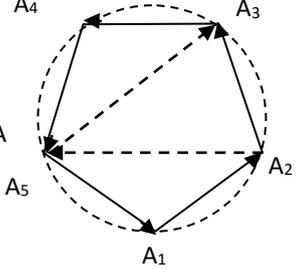
La composition des vecteurs  $\vec{\ell}_i$  orientés dans l'espace, obéissent aux règles de composition, l'associativité permise concernant les seuls électrons équivalents, aux mêmes caractéristiques (n, l).

Dès lors,  $\vec{L} = \sum \vec{\ell}_i = 0$  (niveau s) est le cas d'un polygone de vecteurs qui se ferme, évoquant les conditions d'état d'équilibre d'un solide exprimées par,  $\vec{F} = \sum \vec{f}_i = 0$ .

Le polygone de forces se ferme alors, les forces étant parfois réparties dans l'espace, mais conformément toujours à la relation de CHASLES.

Exemples concrets :

a) Electrons (d) des couches sous-jacentes aux groupes (B)

Nombres d'électrons (d) non appariés	Figures	Niveaux	Exemples
5	 <p>Fig. 1</p>	$L = 0 \rightarrow S$	Re ( $5d^5$ ) ; Mn ( $3d^5$ ) sous-couche à $\frac{1}{2}$ remplie *Cr ( $3d^5$ ) pour voisinage d'une sous-couche $\frac{1}{2}$ remplie
0		$L = 0 \rightarrow S$	Pd ( $4d^{10}$ ) sous-couche remplie (saturée) Zn; Cd ; Hg, *Cu ( $3d^{10}$ ) pour voisinage d'une sous-couche remplie
Ou $\left\{ \begin{array}{l} 4 \\ \hline 1 \end{array} \right.$	 <p>Fig. 2</p>	$\vec{L} = \vec{l}_i$ $L = 2 \rightarrow D$	Nb ; Tc W ; Fe ; Os Sc ; Pt Y ; La ;
Ou $\left\{ \begin{array}{l} 3 \\ \hline 2 \end{array} \right.$	 <p>Fig. 3</p>	$\vec{L} = 2\vec{l}_i = 3\vec{l}_i$ $L = 3 \rightarrow F$	V ; Ru ; Co Ta ; Ir Ti ; Rh ; Ni Zr ; Hf ;

En écrivant,

$$\frac{L}{2} = l \cos \hat{A}_2 \quad \text{pour le triangle } AA_1A_2$$

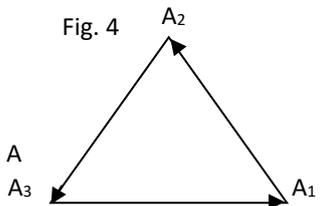
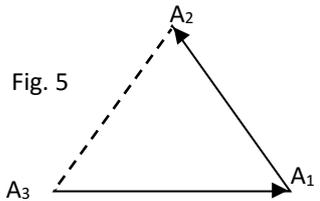
$$L = 2 \times 2 \cos 36^\circ \approx 3,2$$

Soit  $L = 3$  ( $L$ , entier naturel)

Car

- Les deux cordes  $AA_2$  et  $AA_3$  de même longueur sous-tendent des arcs  $AA_1A_2$  et  $AA_4A_3$  d'égale longueur dans le cercle (C) circonscrit relativement au pentagone régulier (Fig. 3)
- La somme des angles intérieurs d'un polygone régulier à (n) cotés est à égale à autant d'angles plats qu'il y a (n-2)
- Soit  $3 \times 180^\circ = 540^\circ$   
 $\text{Mes} \widehat{A}_1 = 540^\circ = 108^\circ$   
 $\text{Mes} \widehat{A}_2 = \text{mes} \hat{A} = 36^\circ$

b/ Electrons (p) des couches externes aux (groupes (A))

Nombres d'électrons (p) non appariés	Figures	Niveaux	Exemples
3	Fig. 4 	$L = 0 \rightarrow S$	N ( $2s^2, 2p^3$ ) P ; As ; Sb ; Bi
0		$L = 0 \rightarrow S$	Ne ( $2s^2, 2p^6$ ) Ar ; Kr ; Xe ; Rn
Ou $\left\{ \begin{array}{l} 2 \\ 1 \end{array} \right.$	Fig. 5 	$\vec{L} = \vec{l}_1$ $L = 1 \rightarrow P$	C ; Si ; Ge ; Sn ; Pb O ; S ; Se ; Te ; Po
			B ; Al ; Ga ; In ; Tl F ; Cl ; Br ; I ; At

C / Electrons (s) des couches externes (aux groupes A et B)

Nombres d'électrons (s) non appariés	Figures	Niveaux	Exemples
1	-----	$L = 0 \rightarrow S$	1A (Hydrogène et alcalins) 11B (pseudo-alcalins)
0		$L = 0 \rightarrow S$	2A (alcalino-terreux) 12B (pseudo-alcalino-terreux)

En écartant tout risque de confusion,

## **XII**

La notation habituelle de l'état fondamental d'un atome apparaît encore, et dans les lettres majuscules : S, P, D et F.

Or toutes ces lettres supposent toujours ce dédoublement des sous-couches (à l'exclusion de la couche K) en raison des discontinuités des spectres d'absorption d'une part, et d'autre part l'émission des mêmes Rayons X.

Aussi certains spectres couramment rencontrés demeurent : Sharp, Principal, Diffuse et fondamental, termes anglo-saxons régulièrement assujettis aux règles de sélection.

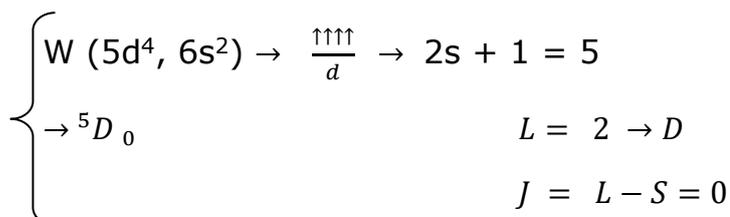
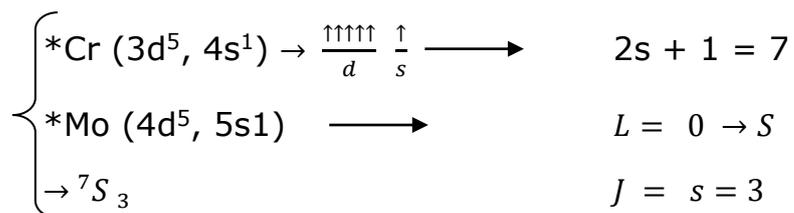
D'où des retombées utiles face aux performances d'un spectrographe de grand pouvoir dispersif pouvant montrer dès lors le spinning d'électron, prévu par Goudsmit et Uhlenbeck.

Et s'agissant précisément du cas des alcalins, l'identification de l'un d'eux indiquait non seulement un dédoublement des spectres, mais la présence de (Li) d'une raie rouge intense et persistante à gauche de la raie orangée de (Sr), ou encore, l'apparition au spectroscopie, de (K), à raie rouge fugace et dans le rouge sombre.



**2<sup>e</sup> Cas** : Groupes à deux éléments particuliers (précédés d'astérisques)

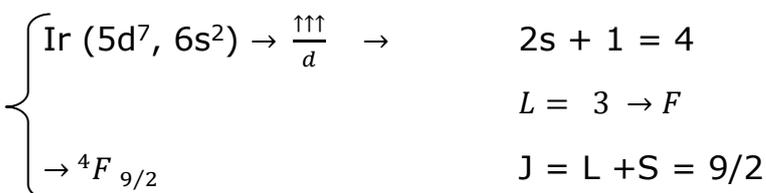
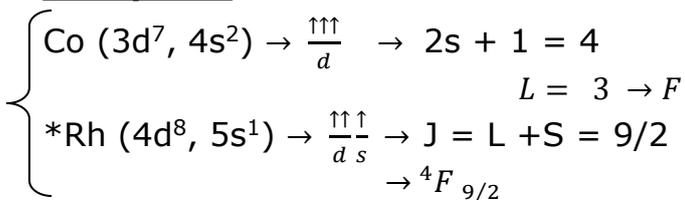
**Groupe 6B**



Aussi Chrome et Molybdène, éléments particuliers à couches périphériques comparables ont même Etat Fondamental ( ${}^7S_3$ ) différent de celui ( ${}^5D_0$ ) pour le tungstène.

**3<sup>e</sup> Cas** : Exemple spécial et unique du Cobalt (sans astérisque) et du Rhodium (avec astérisque) comme élément particulier.

**Groupe 9B**



On constate que Cobalt, Iridium et Rhodium ont même état fondamental du fait qu'un même module de la résultante  $\vec{L} = \sum \vec{l}_i$  ainsi qu'une valeur commune globale du nombre quantique interne.

**4<sup>e</sup> Cas** : groupe d'éléments aux couches périphériques totalement différentes

**Groupe 10B**

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Ni } (3d^8, 4s^2) \rightarrow \frac{\uparrow\uparrow}{d} \rightarrow 2s + 1 = 3 \\ \rightarrow {}^3F_4 \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} L = 3 \rightarrow F \\ J = L + S = 4 \end{array}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{** Pd } (4d^{10}, 5s^0) \quad \text{---} \rightarrow 2s + 1 = 1 \\ \rightarrow {}^1S_0 \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} L = 0 \rightarrow S \\ J = L + S = 0 \end{array}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{*Pt } (4d^9, 5s^1) \rightarrow \frac{\uparrow}{d} \frac{\uparrow}{s} \rightarrow 2s + 1 = 3 \\ \rightarrow {}^3D_3 \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} L = 2 \rightarrow D \\ J = L + S = 3 \end{array}$$

**5<sup>e</sup> Cas** : Groupes (B) d'éléments de même état fondamental.

**Groupe 3B** : (\*Sc, Y, La)

$$\left\{ \begin{array}{l} *Sc (3d^1, 4s^2) \rightarrow \frac{\uparrow}{d} \rightarrow 2s + 1 = 2 \\ \rightarrow {}^2D_{\frac{3}{2}} \quad \quad \quad L = 2 \rightarrow D \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad J = L - S = \frac{3}{2} \end{array} \right.$$

**Groupe 4B**: (Ti, Zr, Hf)

$$\left\{ \begin{array}{l} Ti (3d^2, 4s^2) \rightarrow \frac{\uparrow\uparrow}{d} \rightarrow 2s + 1 = 3 \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad L = 3 \rightarrow F \\ \rightarrow {}^3F_2 \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad J = L - S = 2 \end{array} \right.$$

**Groupe 11B** : (Cu, Ag, Au)

$$\left\{ \begin{array}{l} *Cu (3d^{10}, 4s^1) \rightarrow \frac{\uparrow}{s} \rightarrow 2s + 1 = 2 \\ \rightarrow {}^2S_{\frac{1}{2}} \quad \quad \quad L = 0 \rightarrow S \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad J = L + S = \frac{1}{2} \end{array} \right.$$

**Groupe 12B** : (Zn, Cd, Hg)

$$\left\{ \begin{array}{l} Zn (3d^{10}, 4s^2) \quad \text{-----} \quad 2s + 1 = 1 \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad L = 0 \rightarrow S \\ \rightarrow {}^1S_0 \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad J = L + S = 0 \end{array} \right.$$

Bien d'autres déductions succinctement signalées dans l'introduction concernent particulièrement les groupes (A) et notamment les chefs de file suivants.

**6<sup>e</sup> Cas** : Groupes (A) d'éléments de même état fondamental

**Groupe 1A** : (H, Li, Na, K, Rb, Cs, Fr)

$$\left\{ \begin{array}{l} H(1s^1) \quad \text{-----} \rightarrow \frac{\uparrow}{s} \rightarrow 2S + 1 = 2 \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad L = 0 \rightarrow S \\ \rightarrow {}^2S_{\frac{1}{2}} \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad J = L + S = \frac{1}{2} \end{array} \right.$$

**Groupe 2A** : (He, Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra)

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{He}(1s^2) \longrightarrow 2S + 1 = 1 \\ \phantom{\text{He}(1s^2)} \phantom{\longrightarrow} L = 0 \rightarrow S \\ \rightarrow {}^1S_0 \phantom{\longrightarrow} J = L + S = 0 \end{array} \right.$$

**Groupe 3A** : (B, Al, Ga, In, Tl)

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{B}(1s^2, 2p^1) \rightarrow \frac{1}{P} \rightarrow 2S + 1 = 2 \\ \phantom{\text{B}(1s^2, 2p^1)} \phantom{\rightarrow} \phantom{\frac{1}{P}} \phantom{\rightarrow} L = 1 \rightarrow P \\ \rightarrow {}^2p_{\frac{1}{2}} \phantom{\rightarrow} J = L - S = \frac{1}{2} \end{array} \right.$$

**Groupe 4A** : (C, Si, Ge, Sn, Pb)

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{C}(2s^2, 2p^2) \rightarrow \frac{\uparrow\uparrow}{P_t} \rightarrow 2S + 1 = 3 \\ \phantom{\text{C}(2s^2, 2p^2)} \phantom{\rightarrow} \phantom{\frac{\uparrow\uparrow}{P_t}} \phantom{\rightarrow} L = 1 \rightarrow P \\ \rightarrow {}^3p_0 \phantom{\rightarrow} J = L - S = 0 \end{array} \right.$$

**Groupe 5A** : (N, P, As, Sb, Bi)

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{N}(2s^2, 2p^3) \rightarrow \frac{\uparrow\uparrow\uparrow}{P} \rightarrow 2S + 1 = 4 \\ \phantom{\text{N}(2s^2, 2p^3)} \phantom{\rightarrow} \phantom{\frac{\uparrow\uparrow\uparrow}{P}} \phantom{\rightarrow} L = 0 \rightarrow S \\ \rightarrow {}^4S_{\frac{3}{2}} \phantom{\rightarrow} J = L - S = \frac{3}{2} \end{array} \right.$$

**Groupe 6A** : (O, S, Se, Te, Po)

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{O}(2s^2, 2p^4) \rightarrow \frac{\uparrow\uparrow}{P} \rightarrow 2S + 1 = 3 \\ \phantom{\text{O}(2s^2, 2p^4)} \phantom{\rightarrow} \phantom{\frac{\uparrow\uparrow}{P}} \phantom{\rightarrow} L = 1 \rightarrow P \\ \rightarrow {}^3p_2 \phantom{\rightarrow} J = L + S = 2 \end{array} \right.$$

**Groupe 7A** : (F, Cl, Br, I, At)

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{F}(2s^2, 2p^5) \rightarrow \frac{\uparrow}{P} \rightarrow 2S + 1 = 2 \\ \phantom{\text{F}(2s^2, 2p^5)} \phantom{\rightarrow} \phantom{\frac{\uparrow}{P}} \phantom{\rightarrow} L = 1 \rightarrow P \\ \rightarrow {}^2P_{\frac{3}{2}} \phantom{\rightarrow} J = L + S = \frac{3}{2} \end{array} \right.$$

**Groupe 8A** : (Ne, Ar, Kr, Xe, Rn)

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Ne}(2s^2, 2p^6) \rightarrow 2S + 1 = 1 \\ \phantom{\text{Ne}(2s^2, 2p^6)} \phantom{\rightarrow} L = 0 \rightarrow S \\ \rightarrow {}^1S_0 \phantom{\rightarrow} J = L + S = 0 \end{array} \right.$$



## II / TABLEAU RECAPITULATIF

### 1° Remarques préalables

Il ressort du tableau récapitulatif, deux remarques primordiales

1°) L'état fondamental est le même pour chaque groupe ( $N_A$ ) et  $3_B, 4_B, 9_B, 11_B, 12_B$  soit (5) des groupes notés ( $N_B$ )

Il est cependant nécessaire de préciser qu'un même état fondamental peut convenir à différents groupes.

Ainsi la notation  $1S_0$  convient aux groupes :

$12_B$  (pseudo Alcalino – terreux)

$8_A$  (du néon au Radon)

$2_A$  (Alcalino-terreux)

Et même  $2S_{1/2}$  pour groupes

$1_A$  (Hydrogène et Alcalins)

$11_B$  (pseudo alcalins)

2°) De plus, on trouvera dans les groupes (B) notés (de  $5_B$  à  $10_B$ ), les mêmes éléments particuliers ou marqués portant des astérisques devant un symbole (M), indiquant le nombre d'électrons s noté  $x_{(s)}$  pouvant déduire le nombre d'électrons d soit  $z(d)$  à l'aide de la relation traduisant la deuxième règle expérimentale  $x_{(s)} + z(d) = N_B$  :  $d^z$  variable sera finalement à déterminer dans la classification périodique associée comme document fonctionnel.

D'autres indications suivantes concernent alors les éléments dits particuliers se retrouvant pour la plupart dans 5<sup>ème</sup> période.

D'où les symboles d'éléments ci-après pour toute vérification éventuelle.

M	→	$ns^2$	
*M	→	$ns^1$	$\left\{ \begin{array}{l} (*Cr, *Cu) \quad 4^e \text{ période} \\ *Nb, *Mo, *Tc, *Ru, *Rh, *Ag, \quad 5^e \text{ période} \\ (*Pt, *Au) \quad 6^e \text{ période} \end{array} \right.$
**M	→	$ns^0$	$(**Pd) \quad 5^e \text{ période}$

La présence d'éléments particuliers, aisément repérés dans les groupes (B), a précisément perturbé les couches périphériques et, par voie de conséquence, la modification d'un état fondamental qui pourrait s'attacher à un groupe donné.

## 2°) Autres remarques importantes

Au regard du 4<sup>e</sup> cas examiné, à savoir le groupe 10<sub>B</sub> (Ni, \*\*Pd, Pt), les couches extrêmes se distinguent les unes des autres, et les couches sous-jacentes ne sont guère garnies de la même façon ; d'où l'inexistence d'un commun état fondamental pour pareil groupe d'éléments.

Cependant, une chose demeure : c'est la contribution des couches périphériques assurant dans un groupe (B) la conservation de la somme des électrons (s) et (d) exprimée par la 2<sup>e</sup> règle expérimentale.

$$x_{(s)} + z_{(d)} = NB = \text{cte}$$

De même hydrogène et alcalins d'une part, pseudo-alcalins d'autres part, sont dans deux groupes distincts malgré un même nombre d'électrons des couches extrêmes mais faute de conservation de la somme des nombres d'électrons (s) et (p) car

$$x(s) + y(p) = NA = \text{cte}$$

Avec comme exemples :  $1(s) + 0(p) = 1_A$

$$1(s) + 10(d) = 11_B$$

Ainsi d'autres cas :  $2(s) + 0(p) = 2_A$

$$2(s) + 10(d) = 12_{(B)}$$

Toute expression ci-dessous traduit chacune des deux premières règles qui viennent d'être rappelées.

En effet, l'état fondamental ( $1s_0$ ) convient à tout élément et de la manière suivante :

Sous - couches Périphériques saturées différentes	$n\ell^2$	$n\ell^2$ et $np^6$	$(n-1)d^{10}$	$n\ell^2$ et $(n-1)d^{10}$
Groupes également Différents	$2_A$	$8_A$	$10_B$	$12_B$
Exemples	He ( $1\ell^2$ ) Be ( $2\ell^2$ )	Ne ( $2\ell^2, 2p^6$ ) Ar ( $3\ell^2, 3p^6$ )	Pd ( $4d^{10}$ )	Zn ( $3d^{10}, 4\ell^2$ )

Ainsi l'hélium pourrait se retrouver au groupe ( $2_A$ ) au-dessus du Béryllium à la manière de l'hydrogène se place au-dessus du Lithium puisque la sous-couche ( $1s$ ) est unique pour l'hélium alors que d'autres gaz rares comportent la sous-couche supplémentaire ( $np$ ).

Sans modification de l'ordre croissant des numéros atomiques, les précisions qui suivent éclaireront sans doute d'avantage.

## C/ AUTRE DEFINITION D'UN GROUPE D'ELEMENTS

### I/ Définition complémentaire d'un groupe d'éléments

Au regard d'une récapitulation axée sur un tableau de correspondance, plusieurs remarques sont désormais mentionnées.

Aussi apparaît-il, à la lumière de l'ensemble de groupes, une certaine définition, définition complémentaire aux incidences d'une propre configuration électronique supposée dès le départ et qui s'énonce maintenant de la manière suivante:

Tout groupe d'éléments conserve la somme des nombres d'électrons (**s**) et (p) d'une part, (**s**) et (d) d'autre part, en provenance des couches électroniques externes et éventuellement sous-jacentes.

Une telle somme reste compatible avec les règles d'application exprimées par

$$x(s) + y(p) = N_A$$

$$x(s) + Z(d) = N_B$$

Puisse viser sur cette lancée, non-seulement à la détermination mentionnée de la somme des nombres d'électrons (s), (d) et (f) des couches périphériques des Lanthanides, mais encore l'examen similaire et probable du cas de la série des Actinides...

### II/ Définition de portée globale

La définition complémentaire suppose la prise en compte des propriétés physiques et chimiques semblables rappelées dès l'introduction.

Tout élément d'un groupe devrait cependant remplir deux conditions essentielles.

- Propriétés physiques et chimiques justifiables
- Configuration électronique des éléments constitutifs attestant les règles expérimentales qui précèdent.

Or deux définitions pouvant se compléter ne sont guère simultanément mentionnées.

D'où la nécessité d'une seule et même définition d'un groupe de portée globale incluant la dualité d'aspects qui vient d'être soulignée.

Et, à titre d'analogie,

L'association Onde-Corpuscule due à De BROGLIE, exprimait par exemple par :

$\lambda = \frac{h}{mv}$  où  $\lambda$  = longueur d'onde associée et  $mv$ , module de la quantité de mouvement d'une corpuscule telle un photon.

Expression compatible avec la relation d'EINSTEIN

$$\Delta U = \Delta mc^2$$

Et tout s'accordait alors avec les deux aspects (ou encore la double nature) corpusculaire et ondulatoire de la lumière avec comme réalité expérimentale:

- l'effet photoélectrique,
- et notamment, l'existence de franges d'interférences observant parfois à l'infini: anneaux de NEWTON, (ou franges de HEIDINGER, franges d'égale inclinaison) photographiés même au Laboratoire du Professeur VIENNOT à la faculté des sciences de BESANCON (Juin 1966).

De même les vecteurs champs magnétique et électrique indissociables sont reliés par

$$\overrightarrow{rot. E} = - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

Montrant deux interventions simultanées des champs agissant et caractérisant toute onde hertzienne de nature électromagnétique.

Exemples de vue synthétique concernant aussi différence de potentiel et champ électrique inséparables et même toute une expression globale conduisant au terme masse – énergie.

Aussi est-il souhaitable qu'une définition du groupe associe propriétés semblables et configuration électronique des éléments concernés.

Pour toute nouvelle période en effet, tout groupe s'enrichit d'un élément de même configuration électronique des couches périphériques à l'exclusion du groupe attribué aux gaz rares.

Cependant, l'hélium est véritable chef de file du groupe (2<sub>A</sub>), situé au-dessus du Béryllium, la 1<sup>ère</sup> règle  $x(s) + y(p) = N_A$  s'appliquant aux éléments de tous les groupes (A) en général et (2<sub>A</sub>) en particulier, y compris l'hélium.

Devant l'appartenance d'un groupe, tel (2<sub>A</sub>),

Le problème de l'inertie explique alors celui de l'hélium de potentiel de 1<sup>ère</sup> ionisation (24, 48 en eV) comparé à (9, 30 en eV) pour le béryllium de couche extrême plus éloigné du noyau et pouvant perdre les deux électrons (2s) avec formation de cations (Be<sup>++</sup>).

Ainsi réactivité pour Béryllium d'une part, inertie chimique de l'hélium d'autre part sont ainsi justifiées par la même configuration électronique des couches périphériques des éléments du groupe (2<sub>A</sub>) de l'hélium et des alcalino-terreux. Tout comme le groupe (1<sub>A</sub>) est celui de l'hydrogène et des alcalins.

D'où à titre de proposition, la définition suivante:

**DEFINITION D'UN GROUPE D'ELEMENTS :**

C'est un groupe d'éléments :

- de même configuration électronique des couches périphériques externes et éventuellement sous-jacentes
- et de propriétés physiques et chimiques généralement semblables.

Avec comme règles expérimentales

$$x(s) + y(p) = N_A \text{ relativement aux couches externes}$$

$$x(s) + z(d) = N_B \text{ pour couches externes et sous-jacentes}$$

L'exploitation progressive de la classification périodique confirme l'hypothèse de l'existence d'une seule et même configuration électronique d'éléments d'un groupe et comme justification effective des propriétés physiques et chimiques généralement semblables.

Grace aux indications nécessaires et justifiables, celles-ci apparaîtront sans doute dans la classification périodique associée.

## D/ EXEMPLE DE CLASSIFICATION PERIODIQUE DES ELEMENTS A NOTATION FONCTIONNELLE DES GROUPES (B) (DE 3<sub>B</sub> A 12<sub>B</sub>)

I/ Rappel d'exemples d'application immédiate des règles énoncées et justification de certaines indications mentionnées dans la classification.

### 1°/ Groupes (A) :

$$x(s) + y(p) = N_A \quad \text{avec } N_A > 2 \Rightarrow x(s) = 2$$

$$\text{et } N_A \leq 2 \Rightarrow y(p) = 0$$

D'après le Principe de PAULI Soit directement

Groupes	8A	:	$p^6$
	7A	:	$p^5$
	3A	:	$p^1$
	2A	:	$s^2$
	1A	:	$s^1$

### 2°/ Groupes (B) à notation fonctionnelle (de 3<sub>B</sub> à 12<sub>B</sub>)

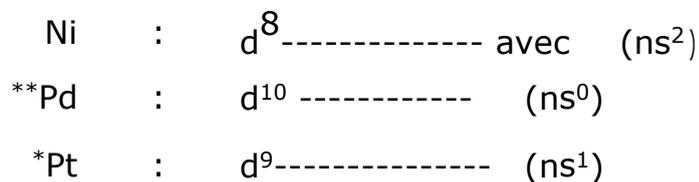
$$X(s) + z(d) = N_B$$

Traduit une nouvelle règle et qui s'apparente à une loi applicable à tout élément des groupes (B) (particulier ou non) grâce aux indications expérimentales sommairement consignées sur une légende : \*M  $\rightarrow$  ( $s^2$ ) ; \*M  $\rightarrow$  ( $s^1$ ) ; \*\*M  $\rightarrow$  ( $s^0$ )

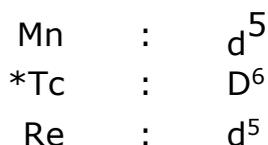
D'où la précision immédiate de ( $d^z$ ) souvent variable

Exemples:

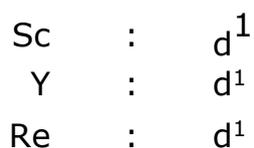
**Groupe 10<sub>B</sub>**



**Groupe 7<sub>B</sub>**



**Groupe 3<sub>B</sub>**



II/ Déduction immédiate d'une configuration électronique d'éléments d'un Groupe

La connaissance :

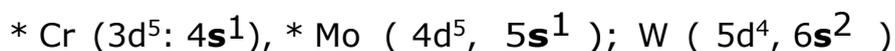
1°/ Des règles qui précèdent et d'expressions

$$(\mathbf{x(s)} + \mathbf{Y(p)} = N_A ; \mathbf{x(s)} + z(d) = N_B)$$

2°/ Des éléments particuliers retrouvés pour la plupart à la 5<sup>ème</sup> période et à partir du groupe 5B du Vanadium (comme l'indique la classification périodique associée)

Permet d'écrire directement, par exemple,

**Groupe 6<sub>B</sub>**



Comme configuration électronique des couches périphériques d'éléments concernés.

### III Le cas de la série des lanthanides

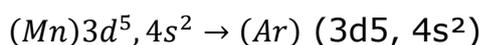
$$t_{(f)} = ne$$

où  $t_{(f)}$  = nombre d'électrons( $f$ )

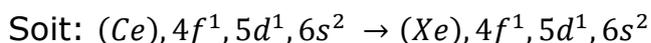
et  $ne$  = numéro effectif dans la série

Véritable conséquence d'une 3<sup>e</sup> règle relative aux lanthanides et qui explique certaines abréviations telles que (Ce) : $f^1$  : (Gd) :  $f^7$ , indications également consignées dans la classification périodique qui suit;  $f^{(ne)}$  signifiera donc aussi  $t_{(f)} = ne =$  numéro dans la série.

Au regard des périodes souvent mentionnées et certaines valeurs numériques justifiables, les formules quantiques se précisent dès lors, à l'exemple du manganèse,



Et même le cas du Cérium déjà souligné



Que le présent exemple d'une classification périodique des éléments contribue toujours à résoudre divers problèmes et notamment les cas évoqués dans la conclusion suivante.

**CLASSIFICATION PERIODIQUE DES ELEMENTS**

	1A	2A	3B	4B	5B	6B	7B	8B	9B	10B	11B	12B	3A	4A	5A	6A	7A	8A
	S <sup>1</sup>	S <sup>2</sup>	←----- d <sup>z</sup> -----→										p <sup>1</sup>	p <sup>2</sup>	p <sup>3</sup>	p <sup>4</sup>	p <sup>5</sup>	p <sup>6</sup>
1	1 H	2 He																
2	3 Li	4 Be											8 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 *V	24 *Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 *Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 *Nb	42 *Mo	43 *Tc	44 *Ru	45 *Rh	46 **Pd	47 *Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
6	55 Cs	56 Ba	57 La	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 *Pt	79 *Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
7	87 Fr	88 Ra	89 Ac															

Lanthanides:

f <sup>1</sup>	f <sup>2</sup>	f <sup>3</sup>	f <sup>4</sup>	f <sup>5</sup>	f <sup>6</sup>	f <sup>7</sup>	f <sup>8</sup>	f <sup>9</sup>	f <sup>10</sup>	f <sup>11</sup>	f <sup>12</sup>	f <sup>13</sup>	f <sup>14</sup>
58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu

Actinides:

90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Mv	102 No	103 Lw
----------	----------	---------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	-----------	-----------	-----------	-----------

- Précision sur (d<sup>z</sup>) des groupes (B): x(s) + Z(d) = NB
- (M) = Symbole; M → ns<sup>2</sup>; \*M → ns<sup>1</sup>; \*\*M → ns<sup>0</sup>
- Groupes (A): x(s) + y(p) = NA
- Lanthanides: f<sup>(t)</sup> → t = n<sub>e</sub> = numéro dans la série

## CONCLUSION

Dans une reconnaissance renouvelée, et malgré toute liste véritablement exhaustive, il convient cependant de s'arrêter, un instant, sur :

DOBERREINER, MENDELEEV et THENARD

Pour leur travail particulier ayant constaté l'existence même d'un groupe d'éléments.

Et comment oublier d'exalter le groupe d'éléments lui-même, aux résonances parfois nécessaires, et qui réconforte cette fois encore, pour éclairer les présentes investigations conduisant à de règles expérimentales relatives aux couches électroniques périphériques.

Il paraît nécessaire de préciser, à titre indicatif, qu'une connaissance initiale d'une couche électronique externe et éventuellement sous-jacente, permet de prévoir l'état fondamental d'un élément, l'hybridation des orbitales atomiques, diverses liaisons, les structures envisagées et aussi l'interprétation des propriétés physiques et chimiques des substances à fabriquer. Aussi pareille source est-elle devenue et restée, au fil des ans, comme base de plusieurs investigations scientifiques et techniques.

La compréhension même d'un maillon d'une certaine chaîne de fabrication suppose l'intérêt des propriétés physiques et chimiques des réactifs nécessaires, les produits formés, toutes choses appliquées au laboratoire comme à l'échelle industrielle.

Au moment où la présente contribution tire à sa fin,

Je voudrais remercier d'avance, et en particulier, pour tous les fruits escomptés et de portée universelle.

## REFERENCES

Guy PANNETIER (1962) *ATOMISTIQUE ET LIAISONS CHIMIQUES*. Paris: MASSON ET EDITEURS

H. GUERIN (1962) *M. P. C - PREPARATION AUX GRANDES ECOLES*. Paris : Dunod EDITEUR

## **CONTEXTE**

Né le 04 janvier 1945, à Pouma,

Paul MBOK, de parents Camerounais, aura accompli des études, primaires, secondaires et universitaires progressivement récompensées par divers diplômes et dans le contexte indiqué dans l'ordre suivant:

- Certificat d'Etudes Primaires Elémentaires en 1957
- Admission, la même année, au concours d'entrée en 6<sup>e</sup> au lycée JOSS de Douala
- Brevet d'Etudes du Premier Cycle obtenu au Lycée Leclerc de Yaoundé, en 1962.
- Examen probatoire, série, C : 1963
- Baccalauréat de l'Enseignement Secondaire, série Sciences Expérimentales : 1964
- Certificat d'Etudes Supérieures de Mathématiques Physique et Chimie (M.P.C) : Mention passable: 1965

- Admission au concours d'entrée sur titre en 1<sup>ère</sup> Année de l'institut de Chimie de la Faculté des Sciences de Besançon (Franche-Comté)

- Trois certificats d'Etudes Supérieures : 1966
- Chimie Générale I : Mention Très Bien
- Chimie Analytique : mention Passable
- Physique Expérimentale : Mention Passable

Autorisation de préparer deux autres certificats en reprenant la 1<sup>ère</sup> Année

- Obtention de deux certificats d'études supérieures : (1967)
- Chimie Générale II : Mention Assez-Bien
- Chimie Minérale : Mention Assez-Bien
- Admission aussi en 2<sup>e</sup> Année avec autorisation de préparer un certificat de Maîtrise en même temps que les Etudiants de 3<sup>e</sup> Année
- Admission au stage académique d'Elève-Ingénieur à l'usine ALUCAM à Edéa (Cameroun) / 1968
- Certificat d'Etudes supérieures de Chimie Organique, C2 mention Assez-Bien (1968): Admission en Année de fin d'études d'Ingénieur de conception (3<sup>e</sup> Année)

Le parcours académique sera néanmoins interrompu, et notamment pour quatre mois d'hospitalisation suivis d'une année de convalescence au cours de laquelle tous les travaux pratiques de 3<sup>e</sup> année furent effectués, y compris ceux de la thèse de 3<sup>e</sup> Année qui, conformément à la réglementation, fut remise à l'Ecole, en prenant part également au voyage de fin d'études Besançon – Amsterdam de 1969.

La formation était pratiquement acquise, mais la guérison attendait toujours et je dus admettre, de changer de milieu sans remplir les dernières formalités prévues par l'Attestation du Directeur de l'Ecole.

Devant une santé mouvante, j'eus tout de même le courage de penser au poste d'Enseignant retenu en dernière analyse, celui de professeur de Sciences physiques au

Lycée Leclerc de Yaoundé dès la rentrée de 1970 et ce malgré certaines perspectives de carrière du secteur privé.

Réticences suffisamment fondées, puisqu'une rechute ne tarda plus, exigeant alors un congé de maladie de trois mois par Décision N°00392/D/MFPDP/PF/2 de 03 mai 1972 du Ministre de la Fonction Publique.

La carrière débuta donc au Lycée Leclerc, par des cours dispensés dans quatre classes de 1<sup>ère</sup> et sans consolidation de l'état de santé.

Cependant les résultats obtenus sont restés pratiquement imprévisibles, et probablement d'origine pédagogique, à la satisfaction générale.

Conséquence immédiate: La quasi-totalité des élèves fut admise dans les classes terminales à telle enseigne que plusieurs admis ne trouvèrent pourtant plus de place dans leur ancien Etablissement. Le Ministre ouvrit subitement donc en octobre 1971, une classe terminale au Lycée de Bafia pour résoudre le problème.

Autre fait paradoxal, les résultats obtenus au baccalauréat par la classe terminale C qui m'était également confiée, le lycée d'Akonolinga, nouveau poste d'affectation, devint 1<sup>er</sup> au Baccalauréat C de 1983 sur tous les Etablissements de l'ex Province du Centre - Sud.

Exemples de faits saillants parfois constatés et récompensés dès 1982 par la lettre de Félicitations du Ministre de de l'Education Nationale suivie de l'élévation au grade de Chevalier de l'Ordre de la valeur.

Aussi les grandes lignes qui précèdent auront indiqué sans doute, l'action particulière à l'égard de certaines structures éducatives et aussi, durant la retraite, la présente contribution scientifique.

**Paul MBOK**

# **CURRICULUM VITAE**

Paul MBOK

71 ans

Marié 05 enfants

Camerounais

Tél : 694 724 535

## **PROFESSEUR DES LYCEES (Hors-Echelle)**

### **COMPETENCES :**

- Chimie Inorganique
- Chimie Physique
- Chimie Analytique
- Mathématiques

### **EXPERIENCE PROFESSIONNELLE :**

- 1970-1981: Professeur de Sciences physiques – Lycée Leclerc de Yaoundé  
1981-1985: Professeur de Sciences physiques – Lycée d'Akonolinga  
1985-1986: Censeur – Lycée classique de Garoua  
1986-1991: Directeur du Collège d'Enseignement Secondaire (CES) de Maroua  
1992-2004 : Cadre à la Délégation Départementale du Ministère de l'Education Nationale - EDEA

### **STAGES :**

- 1968 : Stage académique d'Elève-ingénieur – ALUCAM Edéa

### **FORMATION :**

- 1964 : Baccalauréat Série Sciences Expérimentales – Lycée Leclerc de Yaoundé  
1965 : Admission au concours d'entrée sur titre en première année de l'institut de chimie de la faculté des Sciences de Besançon (Franche-Comté)  
1968 : Maîtrise ès SCIENCES à Université de Besançon avec mention des certificats d'études supérieures suivants:

- |  |      |
|--|------|
| - Mathématiques physique et chimie (M.P.C)             | 1965 |
| - Chimie Générale – I (Mention Très Bien)              | 1966 |
| - Chimie Analytique                                    | 1966 |
| - Physique Expérimentale                               | 1966 |
| - Chimie Générale - II (Mention Assez-Bien)            | 1967 |
| - Chimie Minérale (Mention Assez-Bien)                 | 1967 |
| - Chimie Organique C <sub>2</sub> (Mention Assez-Bien) | 1968 |

### **PUBLICATION :**

- 2012 : Contribution à l'Exploitation de la Classification Périodique des Eléments