



Orbitales atomiques : systèmes
hydrogénoïdes et polyélectroniques

1. LIEN TABLEAU PÉRIODIQUE - CONFIGURATION

① Règle de Klechkowski : 1s 2s 2p 3s 3p 4s 3d 4p
5s 4d 5p 6s 4f 5d 6p ...
- e valua

Pb : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^6 6s^2 4f^{14} 5d^{10} 6p^2$
[Xe] $6s^2 4f^{14} 5d^{10} 6p^2$ Per = 6 Col = 14.
(2^e du bloc p)

Ba : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^6 6s^2$
[Xe] $6s^2$ Per = 6 Col = 2
(2^e du bloc s)

U : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^6 6s^2 4f^{14} 5d^{10} 6p^6$
 $7s^2 5f^4$
[Rn] $7s^2 5f^4$ Per = 7
Col = 4^{ème} du bloc f

Ir : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^5$
[Kr] $5s^2 4d^{10} 5p^5$ Per = 5 Col = 17
(5^e du bloc p)

Ga : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^1$
[Ar] $4s^2 3d^{10} 4p^1$ Per = 4 Col = 13
(1^{ère} du bloc p)

W : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^4$
[Kr] $5s^2 4d^4$ Per = 5 Col = 6 (4^e du bloc d)

Ce : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^6 6s^2 4f^2$
[Xe] $6s^2 4f^2$ Per = 6 Col = 2^e du bloc f

② 4^e per $\rightarrow 4s \dots$) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^5$ 7e val
 17^e col $\rightarrow p^5$)
4p $\uparrow \uparrow \uparrow$ 1e orbit

5^e per $\rightarrow 5s \dots$) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^7$ 9e val
 9^e col $\rightarrow d^7$)
4d $\uparrow \uparrow \uparrow \uparrow \uparrow$ 3e orbit

6^e per $\rightarrow 6s$) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^6 6s^1$ 1e val
 19^e col $\rightarrow s^1$)
6s \uparrow 1e orbit

5^e per $\rightarrow 5s \dots$) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^2$ 4e val.
 14^e col $\rightarrow p^2$)
5p $\uparrow \uparrow$ - 2e orbit.

2- EVOLUTION PROPRIETES ATOMIQUES.

① Famille des halogènes et des alcalins

②

F	Li	↑ électroneg. ↓ rayon, polarisabilité charge effective
Cl	Na	
Br	K	
I	Rb	
At	Cs	
Hal	Alc	

③④ Périodes 2 et 3.

II	B	C	N	O	F
III	Al	Si	P	S	Cl

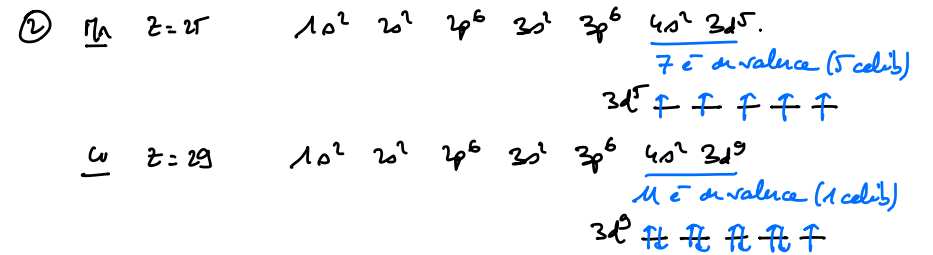
→ électroneg.
charge effective.

← rayon
polarisabilité

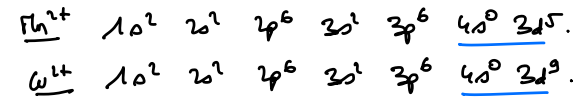
3- CONFIGURATION DES IONS

① Erreur classique : principe d'exclusion de Pauli
règle de Klechkovski

Et si la répartition des e dans une sous-couche n'est attendue,
rappelez la règle de Hund.



③ OA 4s plus diff. que 3d → e moins retenus.



④ $\underline{Al} \quad [Ne] 3s^2 3p^1 \Rightarrow NO(Al) = +III \quad \text{conf. j. s. stable} \quad (AlCl_3)$

$\underline{Fe} \quad [Ar] 3d^6 \Rightarrow NO(Fe) = +II \quad \text{conf. j. s. stable} \quad (Fe(OH)_2)$

$\underline{Mn} \quad [Ar] 4s^1 3d^5 \Rightarrow NO(Mn) = +II \quad (3d \text{ à demi-remplie}) \quad (MnSO_4)$
 $NO(Mn) = +III \quad (\text{conf. j. s. stable}) \quad (MnO_2^-)$

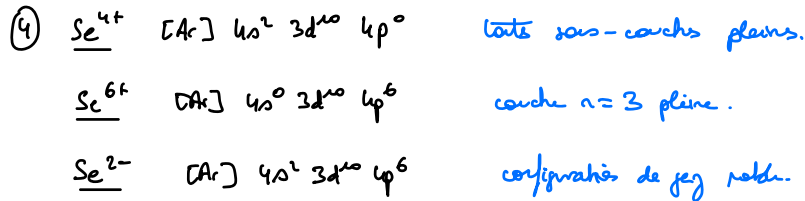
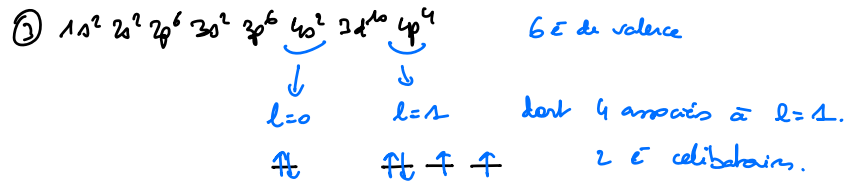
$\underline{O} \quad [He] 2s^2 2p^4 \Rightarrow NO(O) = -II \quad \text{conf. j. s. stable} \quad (H_2O)$

$\underline{Cl} \quad [Ne] 3s^2 3p^5 \Rightarrow NO(Cl) = -I \quad \text{conf. j. s. stable} \quad (CH_3Cl)$

4- SELENIUM.

① $A = 79$
 $Z = 34$) 34 protons et 45 neutrons

② Masse molaire moyenne : $\bar{M} = \sum_i x_i M_i$
 $\bar{M} = 78,9594 \text{ g.mol}^{-1}$



5- TRANSITIONS ELECTRONIQUES DANS L'ATOME D'HYDROGENE:

① Absorption \Rightarrow transition avec $n \uparrow$.

② $\Delta E = \frac{hc}{\lambda}$: + grande longueur d'onde \Leftrightarrow plus petit écart énergie.

\Rightarrow Transition $1 \rightarrow 2$.

$$\Delta E = |E_2 - E_1| = A \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2} \right) = \frac{3}{4} A.$$

$$A = \frac{4 \Delta E}{3} = \frac{4}{3} \times \frac{hc}{\lambda} = \frac{4}{3} \times \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \times 2,998 \cdot 10^8}{121,57 \cdot 10^{-9}}$$

$$A = 2,1787 \cdot 10^{-18} \text{ J.}$$

$$A = 13,60 \text{ eV}$$

$\leftarrow 1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

⑤ $\lambda = \frac{hc}{\Delta E} = \frac{hc}{A \left(1 - \frac{1}{9} \right)} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \times 2,998 \cdot 10^8}{2,179 \cdot 10^{-18} \times 8/9} = 102,6 \text{ nm.} \in \text{UV}$

② Plus petite longueur d'onde \Rightarrow écart d'énergie maximal

Transition $3 \rightarrow 1$ $\Delta E = \frac{A}{9} = \frac{hc}{\lambda}$

$$\lambda = 821 \text{ nm}$$

③ λ d'onde minimale \Rightarrow écart maximal.

② $3,28 \mu\text{m} \Rightarrow$ infra-rouge.

⑤ Transition $n \rightarrow \infty$: $\Delta E = \frac{A}{n^2} = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow n = \sqrt{\frac{A \lambda}{hc}} = 6$

③ Plus grande longueur d'onde \Rightarrow écart énergie minimal

Transition $6 \rightarrow 7$ $\lambda = \frac{hc}{\Delta E} = \frac{hc}{A \left(\frac{1}{6^2} - \frac{1}{7^2} \right)} = 12,38 \mu\text{m.}$

Humphreys : $[3,28 \mu\text{m}; 12,38 \mu\text{m}]$

6- CHARGE EFFECTIVE.

① Sodium: $Z=11$ Configuration $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$.
e⁻ valence.

$$\text{Rayon } r = a_0 \frac{n^2}{Z^*} \Rightarrow Z^* = \frac{a_0 n^2}{r}$$

$$\text{or } Z^* = Z - \sigma \Rightarrow \sigma = Z - Z^* \quad \boxed{\sigma = Z - \frac{a_0 n^2}{r}}$$

$$\sigma = 11 - \frac{52,9 \cdot 10^{-12} \times 3^2}{191 \cdot 10^{-12}} \Rightarrow \boxed{\sigma = 2,5}$$

$$\boxed{Z^* = 8,5}$$

l'électron de valence subit soumis au champ attractif du noyau à 8,5 protons au lieu de 11.

② [a] Chlore: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5 \Rightarrow e^-$ de valence: $n=3$.

$$r = a_0 \frac{n^2}{Z^*} = 52,9 \cdot 10^{-12} \times \frac{3^2}{6,10} = 78 \text{ pm.}$$

aluminium: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$ ($n=3$ aussi)

$$r = a_0 \frac{n^2}{Z^*} = 52,9 \cdot 10^{-12} \times \frac{3^2}{3,5} = 136 \text{ pm.}$$

coefficient: rayon atomique décroît lorsque l'on progresse ds 4 période.

b) $E = -13,6 \left(\frac{Z^*}{n} \right)^2 = -3,95 \text{ eV}$ pr chlore.
 $-1,3 \text{ eV}$ pr aluminium.

c) cohérent avec l'évolution de l'électronégativité dans une période: + χ important, + énergie ds σ de valence faible.
 $(\chi_{Cl} > \chi_{Al})$.

7- ORBITALE 2s DE L'HYDROGENE.

① $\delta P = \psi^2 d\tau = \psi^2 r^2 \sin\theta dr d\theta d\varphi$.

est normalisée donc $\iiint \delta P = 1$.

$$\int_{r=0}^{\infty} \int_{\theta=0}^{\pi} \int_{\varphi=0}^{2\pi} \alpha^2 \left(2 - \frac{r}{a_0}\right)^2 \exp\left(-\frac{r}{a_0}\right) r^2 dr \sin\theta d\theta d\varphi = 1.$$

indep / φ

$$2\pi \int_0^{\infty} \int_0^{\pi} \alpha^2 \left(2 - \frac{r}{a_0}\right)^2 \exp\left(-\frac{r}{a_0}\right) r^2 dr \sin\theta d\theta = 1.$$

$\int_0^{\pi} \sin\theta d\theta = 2$

$$4\pi \alpha^2 \int_0^{\infty} r^2 \left(2 - \frac{r}{a_0}\right)^2 \exp\left(-\frac{r}{a_0}\right) dr = 1.$$

$$4\pi \alpha^2 a_0^3 \int_0^{\infty} x^2 (2-x)^2 \exp(-x) dx$$

$x = r/a_0$
 $dx = dr/a_0$

$$4\pi \alpha^2 a_0^3 \int_0^{\infty} (4x^2 - 4x^3 + x^4) e^{-x} dx$$

$$4\pi \alpha^2 a_0^3 (4 \times 2! - 4 \times 3! + 4!) = 4\pi \alpha^2 8 a_0^3$$

$$\Rightarrow \alpha = \left(\frac{1}{32 \pi a_0^3} \right)^{1/2} = \frac{1}{\sqrt{4\pi}} \times \frac{1}{\sqrt{8a_0^3}}$$

$$\alpha = 8,2 \cdot 10^9 \text{ m}^{-3/2}$$

On remarque le terme $\frac{1}{\sqrt{4\pi}}$ provient ds intégrations angulaires: car donc la constante de normalisation de la probabilité angulaire.

l'autre partie $\frac{a_0^{-3/2}}{\sqrt{8}}$ est la constante de normalisation de la partie radiale.

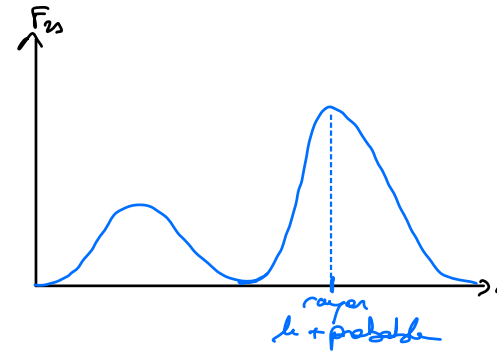
② Probabilité radiale de principe

$$dP_r = r^2 R(r)^2 dr.$$

Densité radiale de probabilité

$$F_{2s}(r) = \frac{dP_r}{dr} = r^2 R(r)^2$$

$$F_{2s}(r) = r^2 \times \frac{1}{8 a_0^3} \left(2 - \frac{r}{a_0}\right)^2 \exp\left(-\frac{r}{a_0}\right).$$



③ $F_{2s} = K r^2 \left(2 - \frac{r}{a_0}\right)^2 \exp\left(-\frac{r}{a_0}\right)$

$$\frac{dF_{2s}}{dr} = K \exp\left(-\frac{r}{a_0}\right) \left(2r \left(2 - \frac{r}{a_0}\right)^2 - \frac{r^2}{a_0} \left(2 - \frac{r}{a_0}\right) - \frac{1}{a_0} r^2 \left(2 - \frac{r}{a_0}\right)^2\right)$$

$$= K \exp\left(-\frac{r}{a_0}\right) r \left(2 - \frac{r}{a_0}\right) \times \left(4 - \frac{2r}{a_0} - \frac{2r}{a_0} - \frac{r}{a_0} \left(2 - \frac{r}{a_0}\right)\right)$$

$$\frac{dF_{2s}}{dr} = K \exp\left(-\frac{r}{a_0}\right) r \left(2 - \frac{r}{a_0}\right) \left(4 - 6\frac{r}{a_0} + \frac{r^2}{a_0^2}\right)$$

$$\frac{dF_{2s}}{dr} = 0 \Leftrightarrow r=0 \text{ ou } r=2a_0 \text{ ou } r^2 - 6r + 4 = 0$$

avec $x = r/a_0$

⇓

$$r = a_0(3 \pm \sqrt{5}) > 0$$

	0	$0,76a_0$	2	$5,2a_0$	∞			
$\frac{dF_{2s}}{dr}$	0	+	0	-	0	+	0	-
F_{2s}			max 1			max 2		

on vérifie aisément par application numérique que $\text{max} 2 > \text{max} 1$.

④ Distance moyenne.

$$r_{\text{moy}} = \int_0^{\infty} r dr = \int_0^{\infty} r^3 R^2(r) dr.$$

petit de la distance par la proba de trouver e⁻ entre r et r+dr.

$$= \int_0^{\infty} r^3 \times \frac{1}{8 a_0^3} \left(2 - \frac{r}{a_0}\right)^2 \exp\left(-\frac{r}{a_0}\right) dr$$

$$= \frac{a_0}{8} \int_0^{\infty} x^3 (2-x)^2 \exp(-x) dx \quad \left. \begin{array}{l} x = \frac{r}{a_0} \\ a_0 dx = dr \end{array} \right\}$$

$$= \frac{a_0}{8} \int_0^{\infty} (4x^3 - 4x^4 + x^5) \exp(-x) dx.$$

$$= \frac{a_0}{8} (4 \times 6 - 4 \times 24 + 120)$$

$$\underline{r_{\text{moy}} = 6 a_0.}$$

8. ORBITALE $2p_z$ D'UN HYDROGENOÏDE.

① Partie angulaire $Y_{m,l}(\theta, \varphi) = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{3}{\pi}} \cos\theta$.

indépendante de $\varphi \Rightarrow$ aucune valeur de φ n'est plus probable qu'une autre.

\Rightarrow OA de symétrie de révolution autour de l'axe (Oz).

Y^2 maximale pour $\theta = 0$ et $\theta = \pi$
c'est-à-dire sur l'axe z .

② Par exemple, on travaille dans le plan yOz (c'est-à-dire $\varphi = \pi/2$ et $-\pi/2$)

$$Y_{m,l}(\theta) = Y_{m,l}(-\theta)$$

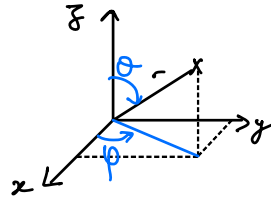
\Rightarrow symétrie par rapport à Oz .

$$Y_{m,l}(\theta + \pi) = -Y_{m,l}(\theta)$$

\Rightarrow anti-symétrie par rapport à O

\Rightarrow changement de phase.

Représentation conventionnelle



③ Rayon de l'OA = max de densité radiale de probabilité.

$$D_r = r^2 R(r)^2 = dr \cdot r^4 \exp\left(-\frac{2r}{a_0}\right)$$

$$\frac{dD_r}{dr} = dr \cdot \exp\left(-\frac{2r}{a_0}\right) \left(4r^3 - \frac{2}{a_0} r^4\right) \text{ s'annule en } \begin{cases} r=0 \\ r = \frac{4a_0}{2} \end{cases}$$

r	0	$4a_0/2$	∞
dD_r/dr		+	0
D_r		↗	↘

rayon de l'OA $2p_z$: $\frac{4a_0}{2}$

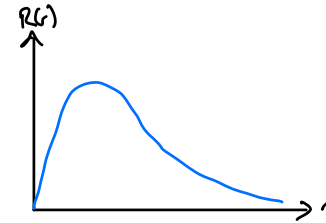
9. ORBITALE ATOMIQUE 3d

① sous-couche d $\Rightarrow l=2 \Rightarrow m = -2; -1; 0; 1; 2$.

\Rightarrow 5OA.

\Rightarrow l'OE max.

② (a) Partie radiale $R(r) = \frac{4}{81\sqrt{30}} a_0^{-7/2} r^2 \exp\left(-\frac{r}{3a_0}\right)$.



$$\frac{dR}{dr} = dr \cdot \exp\left(-\frac{r}{3a_0}\right) \left(2r - \frac{r^2}{3a_0}\right)$$

max en $r = 6a_0$.

1) ceci ne constitue pas le rayon de l'OA associé à 1 maximum de la densité radiale. $r = R(r)$.

$$D_r = dr \cdot r^4 \exp\left(-\frac{r}{2a_0}\right)$$

$$\frac{dD_r}{dr} = dr \cdot \exp\left(-\frac{r}{2a_0}\right) \left(4r^3 - \frac{r^4}{2a_0}\right)$$

Rayon de l'OA = $12a_0$.

1b) La partie radiale a une valeur qui dépend de n et l .

Ainsi, tous les OA 3d ont la même partie radiale.

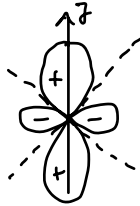
③ (a) la partie angulaire s'écrit: $Y_{l,m}(\theta, \varphi) = \frac{1}{4} \sqrt{\frac{5}{\pi}} (3\cos^2\theta - 1)$.

Indépendante vis-à-vis de $\varphi \Rightarrow$ elle présente 1 symétrie de révolution autour de l'axe des z .

l'analyse de symétrie nous mène que $\begin{cases} \psi(\theta) = \psi(-\theta) \\ \psi(\theta + \pi) = \psi(\theta) \end{cases}$

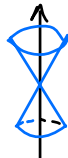
\Rightarrow symétrique par rapport à (Oz) et par rapport à O
(donc par rapport à (Ox) et (Oy) également).

Représentation



(b) Une zone nœuds correspond à l'annulation de la fonction d'onde.

$$Y=0 \text{ si } 3\cos^2\theta = 1 \Rightarrow \cos\theta = \pm \frac{1}{\sqrt{3}} \Rightarrow \theta = \pm 55^\circ$$



l'OA se développe à l'intérieur et à l'extérieur de ce cône.

(c) OA normale si $\int_{\theta=0}^{\pi} \int_{\varphi=0}^{2\pi} Y^2 \sin\theta d\theta d\varphi = 1$.

$$= K^2 \int_{\varphi=0}^{2\pi} d\varphi \int_{\theta=0}^{\pi} (3\cos^2\theta - 1)^2 \sin\theta d\theta$$

$u = -\cos\theta$
 $du = \sin\theta d\theta$

$$= 2\pi K^2 \int_{u=-1}^1 (3u^2 - 1)^2 du$$

$$= 2\pi K^2 \int_{-1}^1 (9u^4 - 6u^2 + 1) du = 2\pi K^2 \left[\frac{9}{5}u^5 - 2u^3 + u \right]_{-1}^1$$

$$= 4\pi K^2 \left(\frac{9}{5} - 1 \right) = 4\pi \frac{4}{5} K^2 = 1$$

$$\left(K = \frac{\sqrt{5}}{4\sqrt{\pi}} \right)$$

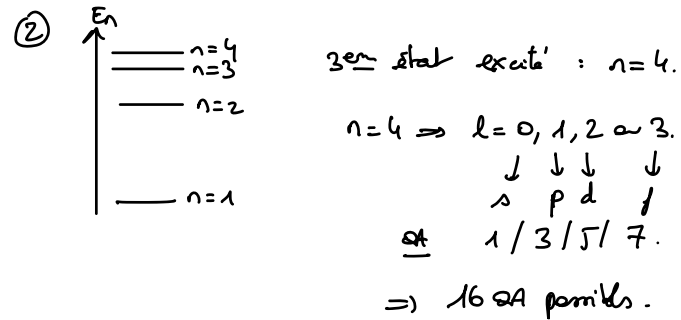
10 - IONISATION DU LITHIUM

(1) $Li: Z=3 \Rightarrow Li^{2+}$ hydrogénoïde.

$$\Rightarrow E_n = -13,6 \left(\frac{Z}{n} \right)^2 \text{ en eV.}$$

A l'état fondamental, l'unique électron se trouve sur la couche $n=1$.

$$\Rightarrow E_{\text{fondamental}} = -122 \text{ eV.}$$



Energie d'ionisation \rightarrow excitation vers $n \rightarrow \infty$.
(côt énergie électronique nulle.)

$$\Rightarrow \begin{array}{c} \text{--- } \infty \\ \uparrow \text{ ionisation} \\ \text{--- } n=4 \end{array}$$

$$\Delta E = -13,6 \times 3^2 \left(0 - \frac{1}{16} \right) = 7,65 \text{ eV.}$$

M - MODELE DE SLATER

(1) Rayon de l'OA = maximum du dérivé radiale de probabilité.

$$D(r) = r^2 R^2(r) = N^2 \frac{r^{2n}}{a_0^{2n-2}} \exp\left(-\frac{2Z^*r}{na_0}\right)$$

$$\frac{dD}{dr} = \frac{N^2}{a_0^{2n-2}} \exp\left(-\frac{2Z^*r}{na_0}\right) \left(2n r^{2n-1} - \frac{2Z^*}{na_0} r^{2n}\right)$$

$$\text{s'annule si } r = \frac{n^2}{Z^*} a_0$$

(2) Modèle approché puisque les s -couches et p sont traités sous distinction alors qu'en fait ces s -couches ne sont pas dégénérées dans les atomes polyélectroniques.

(3) (a) 2nd alcalin donc 1^{ère} colonne, 3^{ème} période (K non alcalin)
 $\Rightarrow 1s^2 2s^2 2p^6 3s^1 \Rightarrow Z=11$

(b) l'électron $3s$ est écranté par $8e^-$ s/p de la couche " $n-1$ "
 $2e^-$ s _____ ($n-2$)

$$\sigma_{3s} = 8 \times 0,85 + 2 \times 1 = 8,8.$$

$$\Rightarrow \text{charge effective: } Z_{3s}^* = 2,2.$$

$$(c) \sigma_{2s/2p} = 7 \times 0,35 + 2 \times 0,85 = 4,15$$

$$\sigma_{1s} = 0,30$$

La configuration électronique de Na^+ est $1s^2 2s^2 2p^6$ ($2s^2$)
 le calcul des constantes d'écran suit le même que pour les électrons du cœur de Na ... les constantes d'écran ne dépendent pas des électrons plus externes, les constantes d'écran des e^- du cœur de X et X^+ sont les mêmes. Seules changent celles des e^- de valence.

(d)

$$E_{Na} = E_{3s} + E_{cœur}$$

$$E_{Na} = -13,6 \times \left[\left(\frac{Z_{3s}^*}{3}\right)^2 + \left(\frac{Z_{2s/2p}^*}{2}\right)^2 + \left(\frac{Z_{1s}^*}{1}\right)^2 \right].$$

$$E_{Na^+} = -13,6 \times \left[\left(\frac{Z_{2s/2p}^*}{2}\right)^2 + \left(\frac{Z_{1s}^*}{1}\right)^2 \right].$$

$$\Rightarrow EI = E_{Na^+} - E_{Na} = + \frac{13,6}{3^2} (Z_{3s}^*)^2 = 7,3 \text{ eV.}$$

(4) Configuration du carbone C: $1s^2 2s^2 2p^2$
 du carbone C^+ C^+ : $1s^2 2s^2 2p^1$

$$\left. \begin{array}{l} \sigma_{1s}(C) = \sigma_{1s}(C^+) \quad (e^- \text{ du cœur}) \\ \sigma_{2s/2p}(C) \neq \sigma_{2s/2p}(C^+) \quad (e^- \text{ de valence}) \end{array} \right\} \Delta$$

$$C: \sigma_{2s/2p} = 2 \times 0,35 + 2 \times 0,85 = 2,75 \Rightarrow Z_{2s/2p}^*(C) = 3,25 \\ \Rightarrow E_{2s/2p}(C) = -\frac{13,6}{3,25^2} \\ \Rightarrow E_{2s/2p}(C) = -4,359 \text{ eV}$$

$$C^+: \sigma_{2s/2p} = 2 \times 0,35 + 2 \times 0,85 = 2,40 \Rightarrow Z_{2s/2p}^*(C^+) = 3,6 \\ \Rightarrow E_{2s/2p}(C^+) = -\frac{13,6}{3,6^2} \\ \Rightarrow E_{2s/2p}(C^+) = -4,4 \text{ eV.}$$

$$EI = E_{\text{tot}}(C^+) - E_{\text{tot}}(C) \\ = 3 E_{2s/2p}(C^+) - 4 E_{2s/2p}(C)$$

$$\underline{EI(C) = 1,6 \text{ eV}}$$

⑤ A sein d'une période, l'énergie d'ionisation augmente de gauche à droite.

n ne varie pas

Z^+ augmente (l'augmentation de la charge du noyau n'est pas compensée par l'écrantage des e^-)

⇒ Travail d'extraction de l' e^- plus important

⇒ $E_I \uparrow$.

A sein d'une colonne, l'énergie d'ionisation diminue.

n augmente ⇒ la OA de valence devient de plus en plus diffuse.

Z^+ varie peu : l'écrantage par e^- de cœur des couches profondes compense l'augmentation de charge nucléaire

⇒ Travail d'extraction plus facile.

⑥



L'ionisation du béryllium entraîne une perte de remplissage des sous-couches, alors qu'elle du bore permet d'atteindre cette configuration stabilisée.

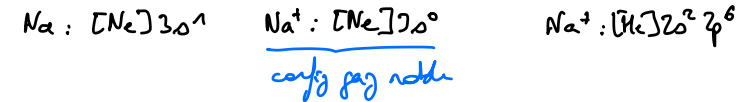
⇒ $E_{I_1}(\text{B}) < E_{I_1}(\text{Be})$.



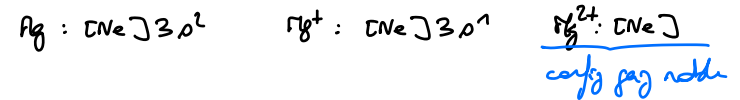
L'ionisation de l'azote entraîne une perte de remplissage à moitié du 2s-couche, alors qu'elle de l'oxygène permet d'atteindre cette configuration stabilisée.

⇒ $E_{I_1}(\text{O}) < E_{I_1}(\text{N})$.

⑦



La 2^{ème} ionisation du sodium fait perdre la configuration de gaz noble ⇒ processus coûteux.



La 2^{ème} ionisation du magnésium permet d'atteindre une configuration de gaz noble très stabilisée.

D'autre part, retirer 1 e^- à Na^+ suppose de le retirer dans une OA plus contractée que l'OA $3s$: la charge effective du noyau ressentie par un $e^- 2s/2p$ de Na^+ est supérieure à celle d'un e^- de valeur de Na . Cela explique la valeur forte élevée de E_{I_2} .