

Tut'entrée biophysique : Structure de l'Atome

1) Nomenclature (voir chimie + notes) :

2) Modèle planétaire de Rutherford :

Expérience : Matière radioactive émettrice de particules α (noyaux d'hélium => voir radioactivité)
 Le faisceau de particule α est orienté en direction d'une fine feuille d'or.
 Il découvre que les particules traversent la feuille d'or.
 => Rutherford démontra la structure lacunaire des atomes :

Noyau	Nuages électroniques
Masse de l'atome concentrée au niveau de son noyau Densité extrêmement élevée : $\rho = 10^{15} \text{ g.cm}^{-3}$ Chargé positivement Constitué de protons et de neutrons De l'ordre du Femtomètre ou fermi (10^{-15}m)	Electrons négatifs en périphérie de l'atome Les dimensions totales d'un atome sont de l'ordre de l'angström ($1\text{\AA} = 10^{-10}\text{m} = 0,1 \text{ nm}$)

	Masse (uma)	Masse (kg)	charge	Symbole	particularité
Proton	1,00783	$1,67 \cdot 10^{-27}$	$+ 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$	H^+ , p	Noyau d'hydrogène
Neutron	1,00866	$1,67 \cdot 10^{-27}$	0	N	Instable hors du noyau
électron -	0,00055	$9,1 \cdot 10^{-31}$	$- 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$	e^-	Particule beta-

3) Modèle de BOHR : quantification des niveaux d'énergie des électrons

Ce modèle est une conséquence de la dualité onde/particule

Les électrons se déplacent sur une orbite au sein du nuage électronique et sont donc associés à une onde.

Pour que leur orbite soit stable il faut que la circonférence de cette orbite ($l = 2\pi r$) soit compatible avec la nature ondulatoire de l'électron.

C'est à dire que l est un multiple de sa longueur d'onde λ .

Ainsi Bohr démontra que les électrons occupent des niveaux d'énergie quantifiés au sein de l'atome.

Il existe donc plusieurs couches d'électrons que l'on nomme de la plus proche du noyau à la plus éloignée K, L, M,.....

♥ **1er Postulat de BOHR** :

1) Dans l'atome, les électrons occupent une suite d'orbites stables, distinctes, sur lesquelles l'électron présente une énergie constante caractéristique. Chaque orbite est désignée par un entier n que l'on appelle nombre quantique principal (= numéro de la couche).

♥ **Energie de liaison (El)** : On appelle énergie de liaison l'énergie qu'il faut dépenser pour éloigner, et laisser immobile un électron à une distance telle qu'il ne subisse plus l'influence du noyau.

(!!) Attention cependant, on distingue aussi, **niveau d'énergie (W)** de l'électron, un électron lié à un noyau se trouve dans un puit d'énergie, puisqu'il faut lui fournir de l'énergie afin qu'il échappe à son attraction, le niveau d'énergie d'un électron est toujours négatif et opposé à son énergie de liaison : $El(n) = - W(n)$
 (Démonstration dans le cours)

Le niveau d'énergie d'un électron s'exprime :

$$W_n = -13,6 \frac{(Z - \sigma)^2}{n^2} eV$$

Z est le numéro atomique de l'atome

n est la couche sur laquelle se trouve l'électron ($K = 1$, $L = 2$...etc)

σ sigma désigne la constante d'écran, elle met en évidence l'interaction entre l'électron dont on veut calculer W et les autres autour de lui.

Elle est donc plus importante dans les couches périphériques que dans les couches internes.

L'électron d'un atome hydrogénoïde (qui n'a qu'un seul électron dans son nuage électronique) n'a donc pas de constante d'écran et W_n se simplifie :

$$W_n = -13,6 \frac{Z^2}{n^2} eV$$

NB: Parfois en QCM on ne vous donne pas cette constante d'écran, dans ce cas calculez sans, puis prenez la valeur juste en dessous de votre résultat si c'est l'énergie de liaison et au dessus si c'est le niveau d'énergie (mais pour un hydrogénoïde prenez l'item correspondant à votre résultat)

Plus un électron se trouve sur une couche proche du noyau, plus son énergie de liaison est grande : maximale pour la couche K, et de l'ordre du eV pour la couche la plus externe et inversement pour le niveau d'énergie de l'électron.

♥ 2ème postulat de BOHR :

La transition entre 2 orbitales s'accompagne de l'émission ou de l'absorption d'un quanta d'énergie.

On dit qu'un atome est à l'état fondamental lorsque ses électrons occupent les niveaux d'énergie les plus bas.

Si un électron passe d'une couche à une couche plus externe, il y a absorption d'un photon et l'atome s'excite (son niveau d'énergie d'augmente).

Et inversement, si l'atome se désexcite il y a émission d'un photon.

Pour calculer l'énergie du photon, on se sert des valeurs des énergies des couches entre lesquelles l'électron transite :

Pour le passage d'une couche A à une couche B l'énergie du photon émis est de : $E = |W_{\text{final}} - W_{\text{initial}}|$
 $= |W_B - W_A|$

4) Excitation/désexcitation :

a) Excitation (l'atome reçoit de l'énergie) :

Par passage d'un électron sur une couche plus externe

L'atome reçoit une quantité d'énergie (photon) égale exactement à la différence entre un niveau d'énergie B et un autre niveau plus proche du noyau A (plus faible). L'électron va de la couche A à la couche B. Energie mise en jeu :

$$E = |W_{\text{final}} - W_{\text{initial}}| = |W_B - W_A|$$

Par Ionisation (Les électrons quittent l'atome.)

L'atome reçoit une quantité d'énergie E au moins égale à l'énergie de liaison de l'un de ses électrons E_l .

Cet électron est alors arraché à l'atome. L'excédent d'énergie correspond à l'énergie cinétique de l'électron arraché E_c .

$$E = E_l + E_c$$

b) Désexcitation (l'atome émet de l'énergie) :

Par Fluorescence (Les électrons s'approchent du noyau ou l'atome reçoit un électron supplémentaire)

Un atome cherche toujours à rejoindre le niveau d'énergie le plus bas afin d'être le plus stable (niveau fondamental)

En effet, pour éloigner les électrons du noyau, il faut apporter de l'énergie, mais lorsque les électrons se rapprochent, l'atome libère de l'énergie via un ou plusieurs photons de fluorescence.

Fluorescence directe

L'électron passe directement d'une couche C à une couche A (la plus proche du noyau possible).

L'énergie libérée par l'atome est :

$$E = |W_{\text{final}} - W_{\text{initial}}| = |W_A - W_C|$$

Attention au signe. Une énergie est positive.

Fluorescence en cascade

L'électron passe d'une couche C à une couche A plus interne en passant par une couche intermédiaire B.

$$E_1 = |W_{\text{final}} - W_{\text{initial}}| = |W_B - W_C|$$

$$E_2 = |W_{\text{final}} - W_{\text{initial}}| = |W_A - W_B|$$

Nb : $E_1 + E_2 = \text{énergie du photon de fluorescence directe} = |W_A - W_C|$

Cas d'un atome ionisé

Un atome ionisé se trouve dans un état d'excitation égal à la somme des E_l des places vacantes de son cortège électronique.

Dans ce cas pour retourner à l'état fondamental il doit capter des électrons extérieurs à son cortège électronique, lorsque cela se produit, l'énergie du photon émis est de : $E = |W_n|$

Emission d'un électron Auger

Lorsque l'atome se désexcite et émet un photon de fluorescence par passage d'un électron d'une couche B à une couche A, ce photon peut être capté par un électron d'une couche plus externe, si l'énergie de ce photon est supérieure ou égale à l'énergie de l'électron, celui-ci sera chassé hors du noyau et on parle alors d'électron Auger. L'énergie cinétique de l'électron Auger vaut donc

$$E = |W_{\text{final}} - W_{\text{initial}}| = |W_B - W_A|$$

$$E_{B \Rightarrow A} > E_I$$

$$E_c = E_{B \Rightarrow A} - E_I$$

Nb : Pour pouvoir arracher un électron d'une couche, il faut qu'il y en ait au moins un sur cette couche (sur une couche n : $2n^2$ électrons). Pour pouvoir déplacer un électron vers une couche donnée, il faut qu'il reste de la place sur cette couche.

Schéma