

Cours 1 : particules, ondes et atomes



Un **rayonnement ionisant** est électromagnétique ou particulaire et peut **produire** directement ou indirectement des **ionisations** sur les atomes lors de leur traversée de la matière. Ces effets biologiques servent notamment pour les **explorations médicales ou des traitements**. On va les étudier pour voir leurs effets sur la santé.

Ils ont été découverts par des physiciens dans un intervalle de temps court :

- ♥ Röntgen : découvre les rayons X en 1895
- ♥ Becquerel et les Curie : pour la radioactivité naturelle en 1896
- ♥ Marie Curie : pour le radium et le polonium en 1898
- ♥ Frédéric et Irène Joliot-Curie : enchainent avec la radioactivité artificielle en 1934

I/ Masse et énergie :

A- Masse en mécanique classique (kg dans le SI)

La masse chiffre la **quantité de matière d'un corps**. Mais entre le kg et le gramme (chimie), ces unités sont inadaptées à la masse de l'atome.

B- Masse molaire atomique (g)

Elle est définie par la **masse d'une mole d'atome**. Elle concerne beaucoup d'atomes et est utilisée en chimie.

Une mole d'atome est définie par \mathcal{N} qui est le **nombre d'Avogadro**, choisi de façon qu'une mole de carbone 12 soit égale à 12 grammes. Donc $\mathcal{N} \approx 6.02 \cdot 10^{23}$ atomes.

On choisit le **nombre de masse A** comme l'entier le plus proche de la masse atomique en g.

C- L'unité de masse atomique

On l'utilise pour manipuler les **atomes individuellement**. C'est une unité hors SI, utilisée en physique. Elle correspond à **1/12^{ème} de la masse d'un atome de carbone 12**.

$1u = 0,166 \cdot 10^{-23} g$. Elle est égale à la masse molaire atomique mais en u. *Exemple :*

Masse	Nombre de masse A	Mole d'atome	1 atome	Atome en g
$^{16}_8O$	16	N atomes=15,994 g	15,994 u	$15,994/N = 2,657 \cdot 10^{-23}$

★ **Application QCM :** On vous demandera principalement de trouver (4 fois depuis 2016++) :

- ♥ Le **nombre de masse** = A, sans unité, entier supérieur le plus proche de la masse molaire atomique en g ou la masse d'un atome en u
- ♥ La **masse molaire atomique** = masse atomique = masse de N atomes soit 1 mole en g
- ♥ La **masse d'un seul atome en u** (qui est égale à la masse molaire atomique)
- ♥ La **masse d'un atome (en g)**. Pour trouver la masse d'un seul atome vous devez diviser la masse d'une mole par le nombre d'Avogadro.
- ♥ Le nombre de neutron à partir du nombre de masse et le nombre de proton (**N=A-Z**)

D- Relation masse énergie

La **masse** est définie en mécanique **classique** comme la **résistance à l'accélération**. ★
En mécanique **quantique**, Einstein la décrit comme une **forme d'énergie** grâce à $E=mc^2$.

La **masse** d'une particule n'est **pas constante** dans toutes les situations et peut être

$$m(\text{nouvelle}) = \frac{m_0(\text{initiale})}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

considérée comme **relativiste**. Tout objet projeté avec une certaine énergie verra cette **énergie transformé en masse**.

v^2 est la vitesse de la particule au ²

c^2 est la célérité de la lumière au ²

Plus la vitesse est proche de la célérité plus la masse augmente.

II/ Particules matérielles :

Particule	Electron = négaton, e-, rayonnement cathodique, β^-	Proton	Neutron
Masse au repos (g)	$9,109 \cdot 10^{-28}$		
Masse au repos (u)	$1/2000u = 0,5 \cdot 10^{-3}$	1,007	1,009
Masse relativiste ?	OUI	NON	NON
Charge (Coulomb)	$-e = -1,602 \cdot 10^{-19}$	$+e = +1,602 \cdot 10^{-19}$	0
Equivalence masse/énergie	$0,511 \text{ MeV}/c^2$ ★	$938,28 \text{ MeV}/c^2$	$939,56 \text{ MeV}/c^2$
Stabilité hors du noyau	/	OUI	NON

Lorsque l'électron a 50% de la célérité comme vitesse, sa masse est 1,15 fois plus grande. Soit $10,48 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

La charge de l'électron permet de définir une unité hors SI : l'**électron volt**. Elle permet **d'exprimer** l'énergie de manière adaptée aux **énergies mises en jeu dans l'atome**.

L'électronvolt : énergie cinétique acquise par un électron sans vitesse initiale sous l'effet d'une différence de potentiel de 1 Volt. $1\text{eV} = E_c = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

On peut définir alors l'**équivalence masse énergie** comme : $1u = \frac{m_{\text{électron}} \cdot c^2}{1\text{eV en Joule}} = 931 \text{ MeV}/c^2$ ★

Lorsque le proton est hors du noyau il est stable.

Cependant le **neutron se désintègre spontanément en un proton, un électron et un antineutrino avec un surplus d'énergie de 0,78 MeV**.

Pour les autres particules :

Particule	Positon β^+	Neutrino et antineutrino	Alpha
Définition	C'est l'antiparticule de l'électron.	Ils expliquent la radioactivité β^+ et β^-	Formée de 4 nucléons : 2 protons+2neutrons. C'est le noyau de l'atome d'hélium
Masse	$0,5 \cdot 10^{-3}u =$ même masse que e-	Quasi nulle ★	$4,0015u$ (< à la masse de 2 protons et 2 neutrons)
Charge	$1,602 \cdot 10^{-19} = +1\text{eV}$ charge inverse d'e-	Quasi nulle	$3,204 \cdot 10^{-19} \text{ C} = 2 \cdot e^+$

III/ Rayonnement électromagnétique (REM) :

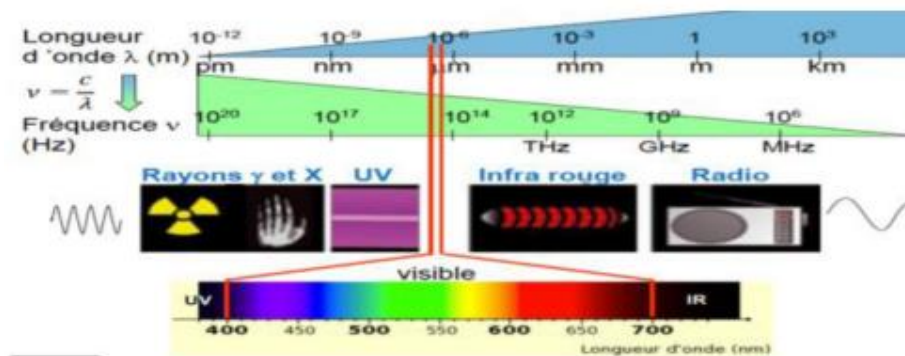
A- Représentation classique :

Une onde EM est définie comme les **perturbations d'un champs électromagnétique** qui se **propagent dans le vide** à la **vitesse de la lumière**. Tous les REM se déplacent à la vitesse de la lumière dans le vide. Ils **résultent de la propagation d'un champ électrique** et d'un **champ magnétique** qui vibrent en **phase perpendiculaires** l'un par rapport à l'autre et par rapport à la direction de propagation.

On définit la longueur d'onde λ comme la plus petite longueur séparant 2 points dans un même état. La fréquence ν en Hertz se calcule par c/λ .

La **fréquence et la longueur d'onde sont inversement proportionnelles et décrivent le spectre des OEM** qui est large.

Les fréquences très élevées correspondent aux REM ionisants.



B- Représentation quantique :

Une OEM ne cède ou ne gagne de l'énergie que par **quantités discontinues** qui sont des **multiples de $E=h\nu$** (h = constante de Planck $6,62 \cdot 10^{-34}$).

Ces paquets d'énergies sont nommés **quantum de Planck** et sont calculés de 2 façons.

(ATT. Bien manier les formules et connaître les unités correspondantes).

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} = \frac{20 \cdot 10^{-26}}{\lambda} \text{ Joule}$$

$$E = \frac{1240}{\lambda} \text{ eV}$$

(HORS SI) c'est la relation de Duane et Hunt. ATT λ en nm.

IV/ Dualité onde-particule :

On considère les OEM comme des **objets particuliers** depuis Einstein : les **photons**. Les ondes sont donc considérées comme des corpuscules avec une **masse exclusivement**

dynamique que l'on calcule $m = \frac{h}{\lambda c}$

Louis De Broglie associe à toute **particule** une **représentation ondulatoire**. On peut donc associer à toute particule (possédant une masse et une vitesse) une onde qu'on

nomme **onde de matière** : $\lambda = \frac{h}{mv}$

Récap :

- ♥ **Einstein** : les ondes ont une masse
- ♥ **De Broglie** : les particules possédant une masse en mouvement ont une longueur d'onde

V/ Structure électronique :

Il y a 2 modèles :

Rutherford (1911) ★	Bohr (1913)
Grâce à l'expérience de la feuille d'or (cf. cours sur le noyau), la majorité des particules ne sont pas déviées donc la matière est pleine de vide . Il détermine le modèle planétaire de Rutherford avec un noyau chargé positivement de 10^{-15}m et des charges négatives autour formant un ensemble à 10^{-10}m .	Conséquence directe de la dualité onde-particule . Il prédit que seules certaines orbites sont possibles pour les électrons . Il faut que la taille de l'orbite soit compatible avec sa nature ondulatoire. « l », doit être un multiple de la longueur d'onde : $l=2\pi r= n\lambda$. Le rayon est quantifié selon un nombre fini d'orbites de rayon : $n\lambda/2\pi$ L'intensité des liaisons des e- dépend de r

A- Conséquences du modèle de Bohr sur l'énergie de l'électron :

On peut alors calculer l'**énergie d'une orbitale** n par $W_n = -13,6 \frac{1}{n^2} \text{eV}$.

L'**énergie de l'électron** est alors **toujours négative** contrairement à l'énergie de liaison.

L'**énergie de liaison** est l'énergie qu'il faut apporter pour **arracher un électron** de l'édifice atomique. Elle est **toujours positive** et est la **valeur absolue de W**.

L'énergie de l'électron et celle de liaison sont des **énergies discontinues** en fonction de n.

On peut alors calculer le rayon d'un orbite par $r_n = n^2 \cdot 0,5 \cdot 10^{-10} \text{m}$.

L'**électron de la couche K** possède le **W le plus faible** et l'**énergie de liaison la plus forte**.

Les électrons peuvent passer d'une orbite à l'autre s'ils absorbent un quantum d'énergie.

Récap :

- ♥ **Energie de l'électron** : toujours négative
- ♥ **Energie de liaison** : toujours positive, énergie pour arracher l'électron de l'édifice atomique
- ♥ L'**électron le plus proche du noyau** a l'**énergie la plus faible** et l'**énergie de liaison la plus forte**

B- Généralisation à n'importe quel électron :

Dans un atome possédant plusieurs électrons, ces derniers vont se gêner et subir l'influence du **nuage électronique : effet écran σ** .

On doit en tenir compte dans le calcul de l'énergie :

$Z \rightarrow$ numéro atomique

$\sigma \rightarrow$ effet écran

$n \rightarrow$ couche électronique ≥ 1

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

C- Remplissage des couches selon le modèle de Bohr :

On ne met que $2n^2$ électrons maximum par couche (n). Donc pour la couche K qui est $n=1$ on peut avoir $2 \cdot 1^2 = 2$.

D- Conclusion :

- ♥ Les atomes sont construits selon le modèle de Bohr avec $2n^2$ électrons par couche.
- ♥ Les électrons de la couche K sont les plus fortement liés
- ♥ Les électrons de la couche la plus externe sont les moins fortement liés
- ♥ **Si les premières couches sont complètes l'atome est dans son état fondamental**
- ♥ **Si ce n'est pas le cas il a un excès d'énergie et est dans un état excité.**

Courage à vous tous. C'est votre dernière année de PACES alors concentrez vous sur votre objectif, vous êtes les meilleurs.

Dédicace à la team tuto-gaaaang, clairement mes plus belles rencontres de l'année : Yanis mon logeur à temps partiel, Simon le plus beau fan de foot, Céleste et ses antibios légendaires, Marie et son addiction aux city scoots, Carl et son amour pour la mode, Anahita et ses oranges oranges, Sarah la daronne du groupe, Alexis mon conseiller personnel et enfin Amélie l'amour de ma vie.

Emiliepothèse

Pour vous servir.