

# PRÉSENTATION DE LA MATIÈRE



UE3A-Biophysique  
Tut'Rentrée  
2018/2019



# TUTEURS DE L'AMBIANCE



- Raphaël (JeuneCéramide sur le fofo)
- Aurélia (Mrs Holmes sur le fofo)

# PRÉSENTATION DE LA MATIÈRE



- Biophysique = matière du S1
- Fait partie de l'UE3A avec la Physique
- Entre 12/15 qcm sur 24 au CC
- 1qcm = 5points
- Rapporte donc  $\approx$  70 points au CC

➔ MATIÈRE MÉGA IMPORTANTE À NE PAS  
NÉGLIGER

# PROFESSEURS

Le professeur Humbert  
(médecine nucléaire à Nice)



Le professeur Darcourt  
(médecine nucléaire à Nice)



# PRÉSENTATION DE LA MATIÈRE

Supports de cours :

➔ Ronéos +++

➔ Fiches tut mises à jour sur le forum

➔ Diapo du Prof sur Jalon



# TUT'RENTRÉE PLANNING

5h de cours au total

- 1h sur Particules, ondes, atomes
- 1h sur Interactions des rayonnements ionisants
- 2h sur Noyau et Radioactivité
- 1h d'applications numériques (socrative)



# Cours n°1

## Particules, ondes et atomes



# PLAN DU COURS

- I. MASSE ET ÉNERGIE
- II. PARTICULES MATERIELLES
- III. RAYONNEMENTS ÉLECTROMAGNÉTIQUES (REM)
- IV. DUALITÉ ONDES-PARTICULES
- V. STRUCTURE ÉLECTRONIQUE D'UN ATOME

# I. MASSE ET ÉNERGIE



Masse = mesure de la quantité de matière d'un corps

Masse (molaire) atomique en g = masse d'1 mole  
d'atome = masse de  $N$  atomes ( $N = n_A$  d'Avogadro =  
 $6,02 \cdot 10^{23}$ )

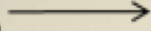
$N$  est choisi de façon à ce que  $N$  atomes de  $C_{12}$  pèsent  
12g

Unité de masse atomique (u) = 1/12ème de la masse  
d'un atome de  $C_{12}$

Cette unité est hors SI mais bien adaptée à l'atome

$$\text{?} \quad 1u = \frac{12g}{N} \times \frac{1}{12} = \frac{1}{N} = \frac{1}{6,02 \cdot 10^{23}} = 0,166 \cdot 10^{-23} g \quad \text{?}$$

Nombre de nucléons  
(= protons + neutrons)



A

X

Symbole de l'élément  
(par ex : H / C / Fe / etc.)



Numéro atomique  
(= nombre de protons)



Z

Masse	Hydrogène	Carbone	Oxygène
d'un atome en g	$0,17 \cdot 10^{-23}$	$2 \cdot 10^{-23}$	$2,65 \cdot 10^{-23}$
d'une mole d'atomes en g <i>masse atomique</i>	1,007	12	15,994
d'un atome en unité de masse atomique	1,007	12	15,994
A nombre de masse (nombre de nucléons)	1	12	16

- Masse atomique en g = Masse d'un atome en u +++
- A est toujours égal à l'entier le plus proche de cette masse +++  
(cf tableau)

A peut donc être exprimé de 3 manières selon sa valeur numérique :

→ Si aucune unité,  $A = \text{nb de nucléons}$

→ Si  $A$  est en g,  $A = \text{masse atomique}$

→ Si  $A$  est en u,  $A = \text{masse d'1 atome}$



# Relation Masse/Energie

- Selon Einstein, la **masse** est **une forme d'énergie** :  $E_0 = m_0 c^2$
- **Lorsqu'une particule est en mouvement, l'énergie de l'accélération se transforme en masse :**

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

*$m_0 =$  masse au repos*

*$v =$  vitesse de la masse*

*$c =$  vitesse de la lumière dans le vide ( $3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$ )*

*Quand  $v \ll c$ ,  $m \rightarrow m_0$*

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$m_0 =$  masse au repos

$v =$  vitesse de la masse

$c =$  vitesse de la lumière dans le vide ( $3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$ )

Quand  $v \ll c$ ,  $m \rightarrow m_0$

➔ Plus la vitesse de la particule se rapproche de la vitesse de la lumière, plus sa masse relativiste augmente.

➔ Inversement, plus sa vitesse est faible, plus sa masse se rapproche de  $m_0$ .

# PLAN DU COURS

- I. MASSE ET ÉNERGIE
- II. PARTICULES MATERIELLES
- III. RAYONNEMENTS ÉLECTROMAGNÉTIQUES (REM)
- IV. DUALITÉ ONDES-PARTICULES
- V. STRUCTURE ÉLECTRONIQUE D'UN ATOME



## II. PARTICLES MATERIELLES



	Masse au repos	Masse relativiste	Charge	Stabilité
<b>Électron</b> (électron négatif ou négaton)	$m_e = 0,548 \cdot 10^{-3} \text{u}$ $\approx 1/2000 \text{u}$	Masse faible et vitesse relativement élevée, Pour $v=0,5c$ , $m_e = 1,15m_0$	$e^- = -1,602 \cdot 10^{-19} \text{C}$ (coulombs)	/
<b>Proton</b>	$m_p = 1,007 \text{u}$	Considérés comme non relativistes	$e^+ = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{C}$ (coulombs)	
<b>Neutron</b>	$m_n = 1,009 \text{u}$		<b>nulle</b>	<b>Instable</b> en dehors du noyau $n = p + e^- + \bar{\nu} + 0,78 \text{ MeV}$



	<b>Positon (<math>\beta^+</math>)</b> Antiparticule de l'électron	<b>Neutrino (<math>\nu</math>)</b> Explique la radioactivité $\beta$	<b>Particule <math>\alpha</math></b> = 4 nucléons (2p + 2n) = le NOYAU de l'Hélium
<b>Masse au repos</b>	$m = 1/2000 \text{u}$	quasi nulle	$m = 4,0015 \text{u}$ ( $< 2m_p + 2m_n$ )
<b>Charge</b>	$e^+ = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{C}$ (coulombs)	nulle	<b>charge = <math>3,204 \cdot 10^{-19} \text{C}</math></b> ( $2 \times e^+$ )

Unité d'énergie adaptée à l'atome ;

→ **l'électronvolt (eV)** (hors SI)

**= énergie cinétique acquise par un électron sans vitesse initiale, sous l'effet d'une différence de potentiel de 1 volt**



$1\text{eV} = E_c = 1,602 \cdot 10^{-19}\text{J}$  (joules) ++

$10^3 = \text{kilo}$

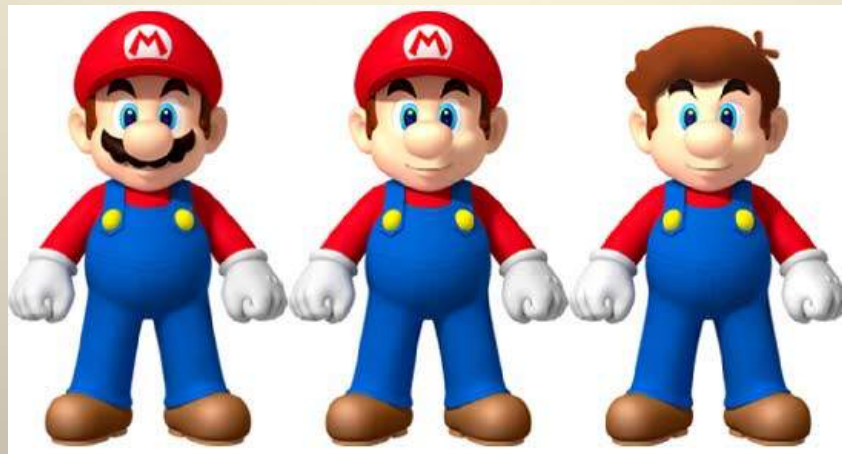
$10^6 = \text{méga}$

$10^9 = \text{giga}$

# EQUIVALENCE MASSE/ENERGIE

$$1u = 931\text{MeV}/c^2$$

→ On a une équivalence masse/energie pour 1 unité de masse atomique



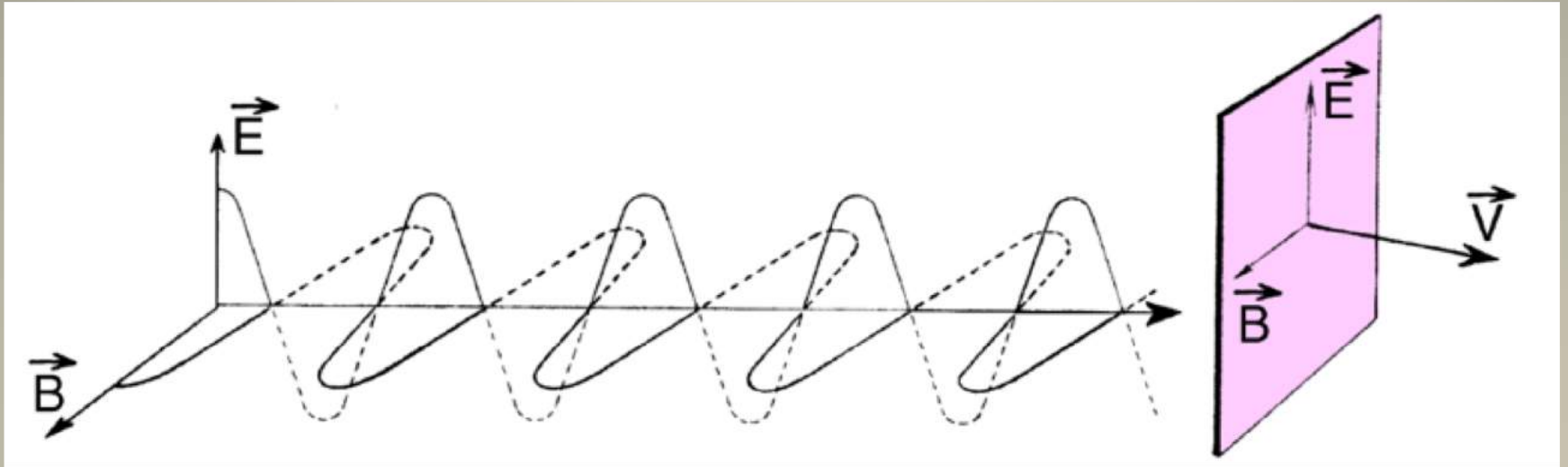
# PLAN DU COURS

- I. MASSE ET ÉNERGIE
- II. PARTICULES MATERIELLES
- III. RAYONNEMENTS ÉLECTROMAGNÉTIQUES (REM)
- IV. DUALITÉ ONDES-PARTICULES
- V. STRUCTURE ÉLECTRONIQUE D'UN ATOME

# III. RAYONNEMENTS ÉLECTROMAGNÉTIQUES (REM)



## → Représentation classique



• Un rayonnement électromagnétique = Perturbations du champ électromagnétique qui se propagent dans le vide à la vitesse de la lumière,

soit  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

• Résultent de la propagation **simultanée** d'un champ **électrique E** et d'un champ **magnétique B** vibrant **en phase**, **perpendiculaires** l'un par rapport à l'autre et par rapport à la direction de propagation.

- 2 grandeurs caractérisent un REM :

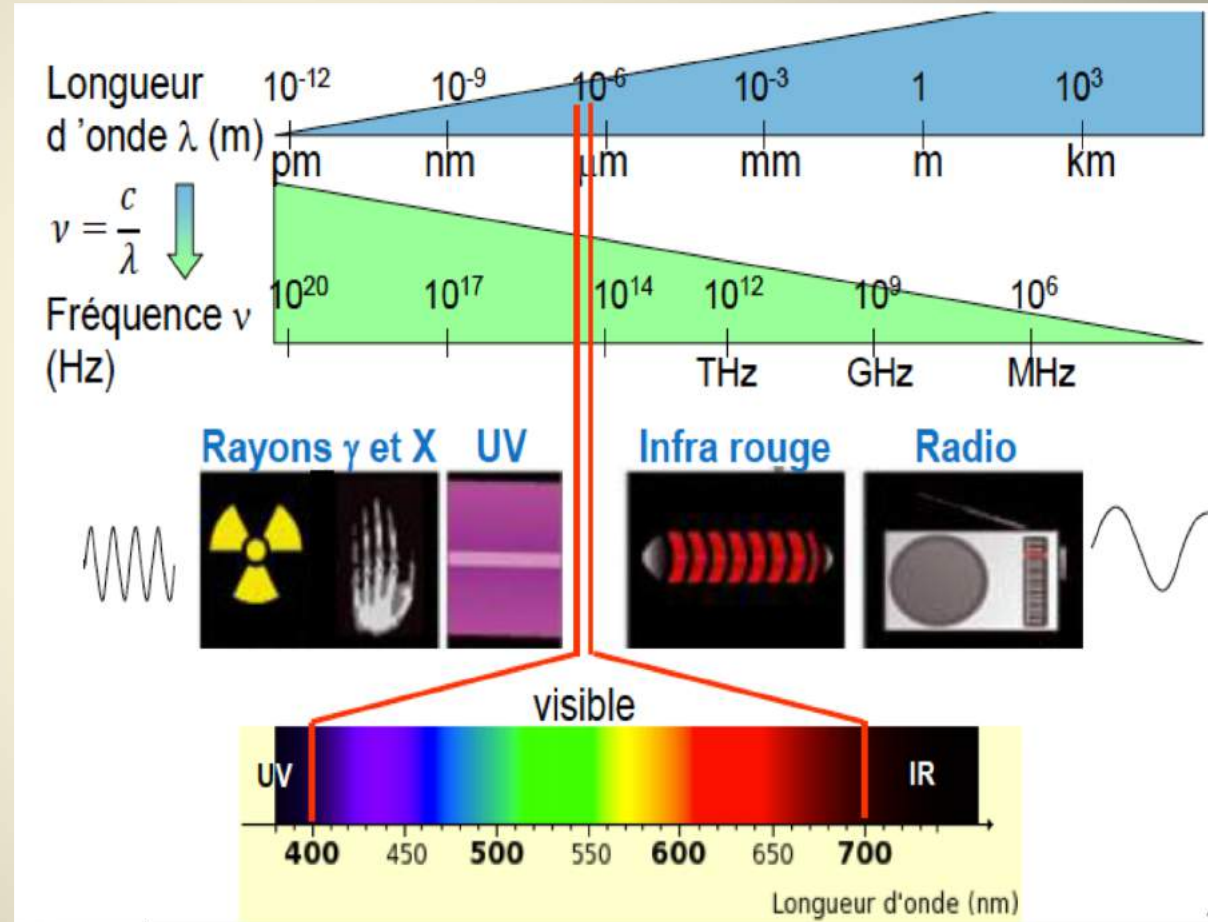
→ Leur **longueur d'onde ( $\lambda$ )** = plus petite distance séparant 2 points dans un même état vibratoire ( en m)

→ Leur **fréquence  $\nu$**  (en Hz),  
avec  $\nu = c/\lambda$



## → Représentation classique

On remarque que la longueur d'onde et la fréquence varient en sens inverse = inversement proportionnelles.



## → *Représentation quantique*

- Une onde EM ne peut céder ou acquérir de l'énergie qu'elle transporte que par quantités **discontinues, multiples entiers** d'une quantité élémentaire : le « *quantum de Planck* » :

- $E = h \times \nu = (h \times c) / \lambda$



$h = \text{cste de Planck} = 6,62.10^{-34} \text{ J.s} = 4,13.10^{-15} \text{ eV.s}$



# Duane et Hunt



- La relation de Duane et Hunt permet de relier facilement l'énergie et la longueur d'onde en considérant les unités habituelles (hors SI)

$$E = 1240/\lambda +++$$



ATTENTION, ici E est en **eV** et  $\lambda$  en **nm**

# PLAN DU COURS

- I. MASSE ET ÉNERGIE
- II. PARTICULES MATERIELLES
- III. RAYONNEMENTS ÉLECTROMAGNÉTIQUES (REM)
- IV. DUALITÉ ONDES-PARTICULES
- V. STRUCTURE ÉLECTRONIQUE D'UN ATOME

# IV. DUALITÉ ONDES-PARTICULES



# SELON EINSTEIN,

$E = mc^2$  pour une particule de masse  $m$

$E = \frac{hc}{\lambda}$  du quantum de Planck

$$E = mc^2 = \frac{hc}{\lambda}$$



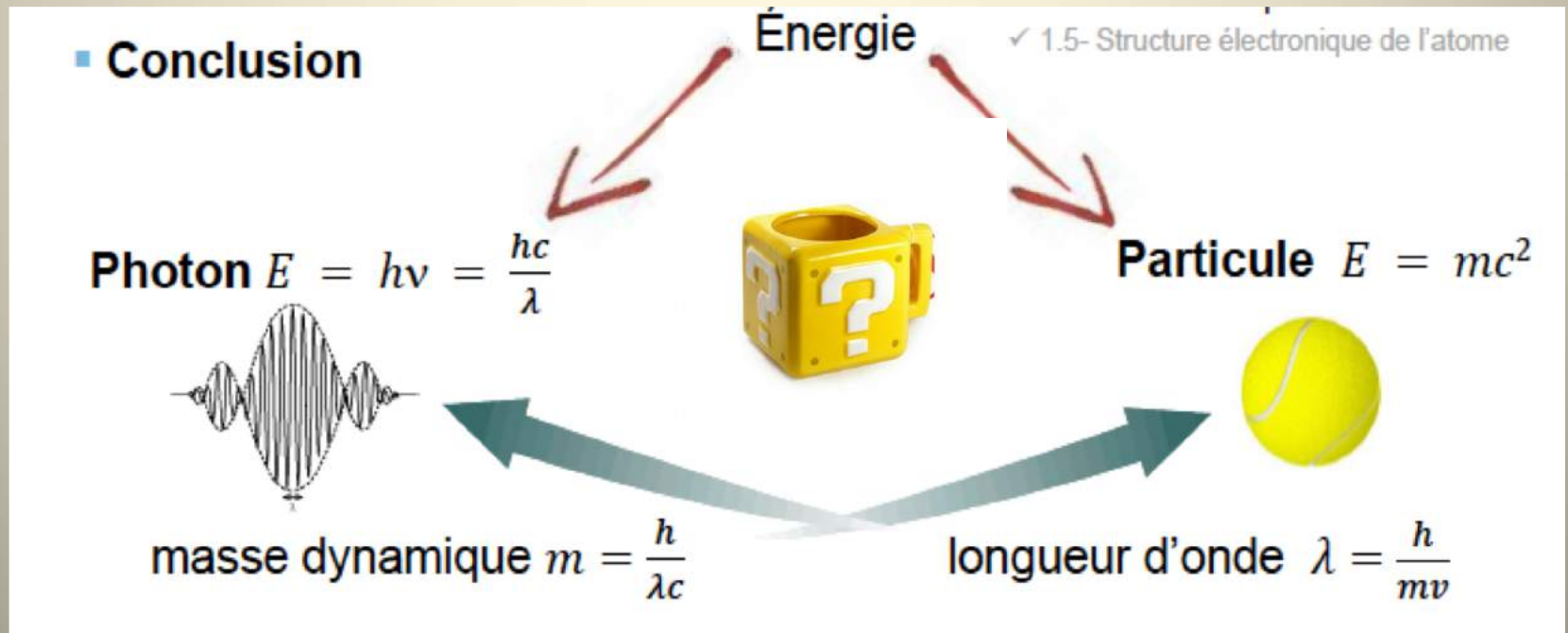
$$m = \frac{h}{\lambda c}$$

Pour Einstein, on peut donner une masse à un REM, les ondes EM peuvent donc être considérées comme des corpuscules : **les Photons**, avec une masse dynamique

# SELON DE BROGLIE,

Pour De Broglie, on associe à toute particule de masse  $m$  et de vitesse  $V$  **une onde** dont la longueur d'onde est donnée par :

$$\lambda = h/(mv)$$



# PLAN DU COURS

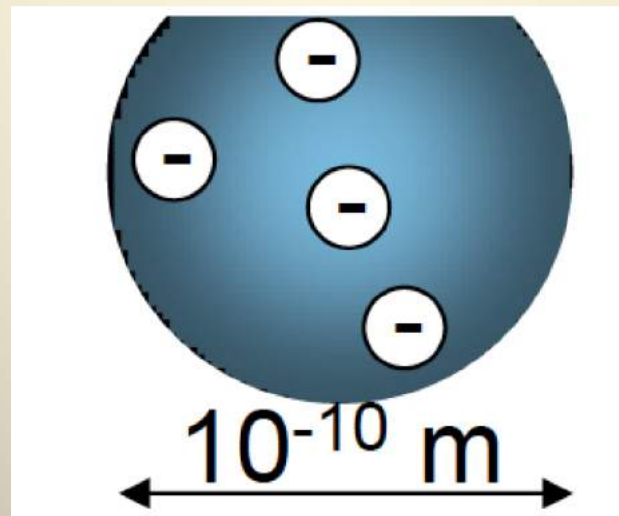
- I. MASSE ET ÉNERGIE
- II. PARTICULES MATERIELLES
- III. RAYONNEMENTS ÉLECTROMAGNÉTIQUES (REM)
- IV. DUALITÉ ONDES-PARTICULES
- V. STRUCTURE ÉLECTRONIQUE D'UN ATOME

# V. STRUCTURE ÉLECTRONIQUE D'UN ATOME



# Modèles de l'atome et évolution

- Jusqu'au début du XXème siècle, on considère que l'atome est une sphère pleine positive sur laquelle sont accrochées des charges négatives

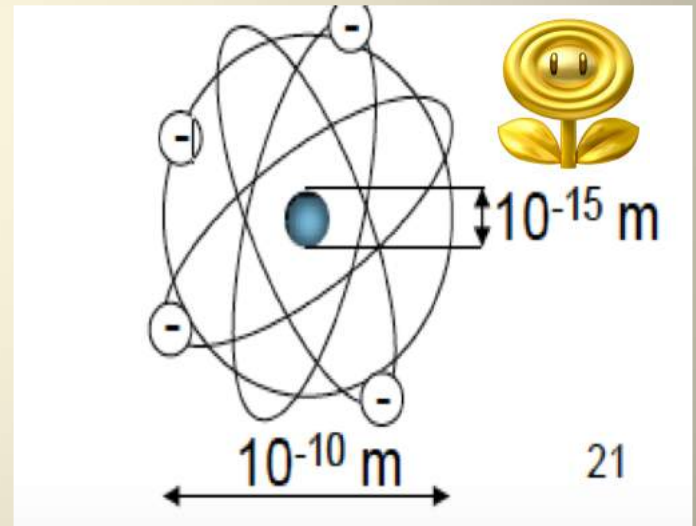


# Modèles de l'atome et évolution

- Modèle planétaire de Rutherford (1911) :

Selon ce modèle, l'atome est constitué d'une masse concentrée au niveau du **noyau** chargé **positivement** ET d'**électrons** chargés **négativement**, refoulés à la périphérie du vide péri-nucléaire.

Une expérience démontre l'incompatibilité de ce modèle : « la matière est pleine de vide »



# Modèles de l'atome et évolution

- Modèle de Bohr (1913) :

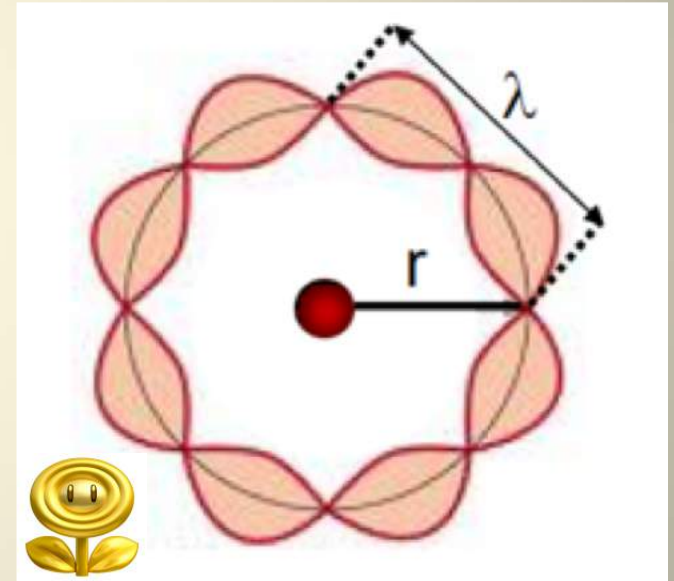
Imaginons l'atome de  ${}_1\text{H}$  qui possède 1 électron, comment associer une onde stationnaire à cet électron, tournant sur une orbite à une distance  $r$  du noyau ?

→ La **circonférence de l'orbite** est :

$$l = 2\pi r$$

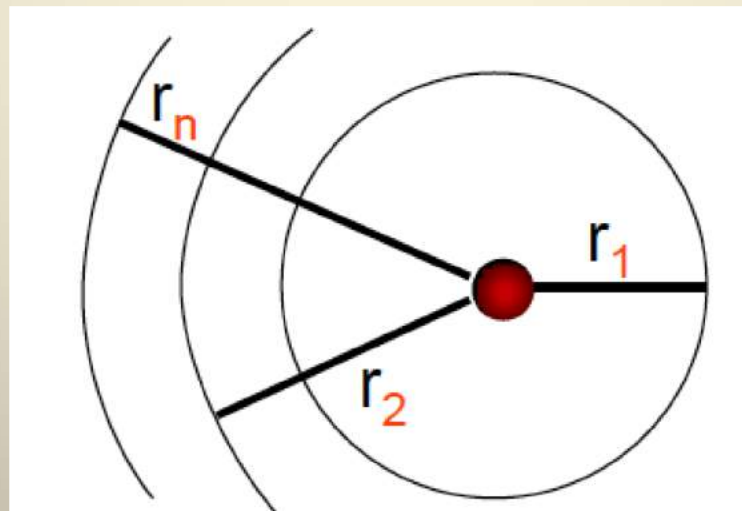
→  $l$  doit être un **multiple entier** de sa **longueur d'onde** :

$$l = 2\pi r = n\lambda$$



# Modèles de l'atome et évolution

- Le **rayon  $r$**  (distance entre le noyau et une orbite) est donc **quantifié** +++
- Il y a un **nombre fini d'orbites** dont les **périmètres** sont des **multiples entiers de  $\lambda$**
- L'**intensité de la liaison au noyau** des électrons positionnés sur ces orbites **dépend de  $r$** .



# Modèles de l'atome et évolution

- Il existe une conséquence fondamentale du modèle de Bohr sur l'énergie de l'électron

**Exemple de l' $H_1$**  : l'énergie de l'électron sur une orbitale  $n$  vaut :

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

*L'énergie de l'électron est donc négative ! +++*

# Modèles de l'atome et évolution

- L'énergie de liaison de l'électron est l'énergie qu'il faut apporter pour **arracher cet électron** de l'édifice atomique et **l'emporter hors de l'influence du noyau** :

$$E_L = | W_n |$$



*L'énergie de liaison est donc positive ! +++*

# Modèles de l'atome et évolution

On a vu le calcul pour un atome de  $H_1$ ,  
généralisons à un nombre **Z quelconque**  
d'électrons :

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

En réalité : le cortège électronique modifie l'interaction noyau / électron par un « effet écran ».

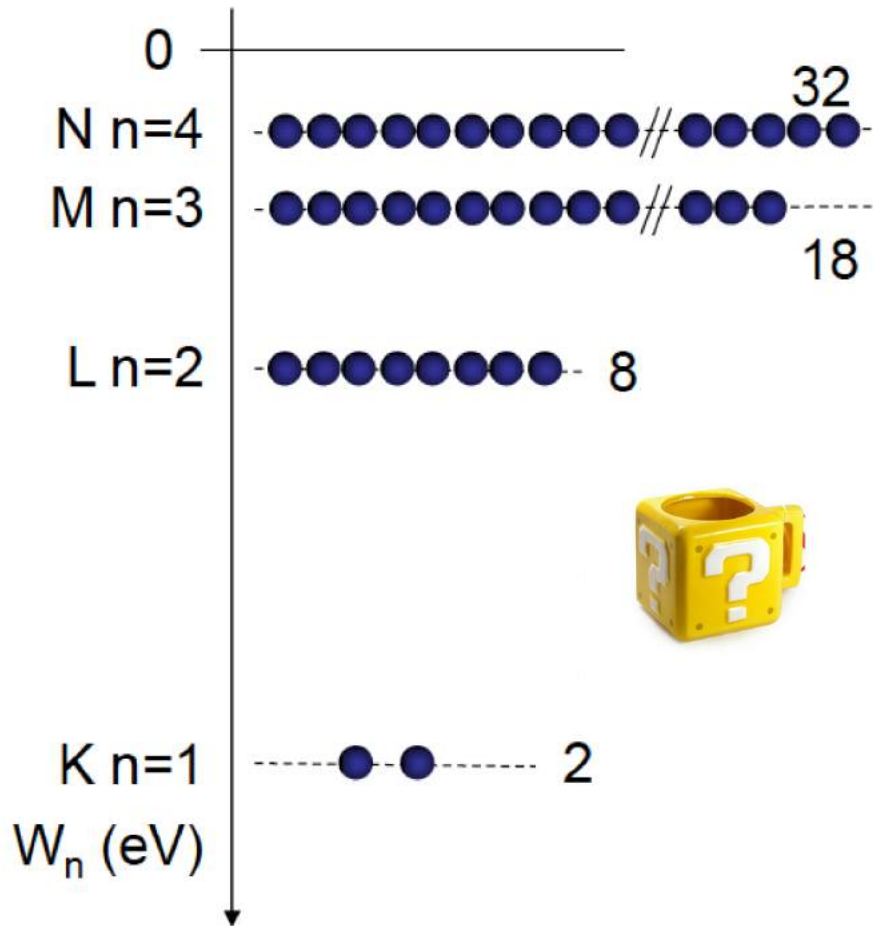
Pour en tenir compte :

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

avec  $\sigma$  « constante d'écran »

Ex : couche M du tungstène : en théorie  $W_n = -8\,275 \text{ eV}$ , valeur réelle  $W_n = -2\,820 \text{ eV}$  ( $\sigma = 30,8$ )

# Remplissage des couches



Nombre maximum  
d'électrons par couche  
 **$= 2n^2$**

*Si  $n=1$ , 2 électrons*

*Si  $n=2$ , 8 électrons*

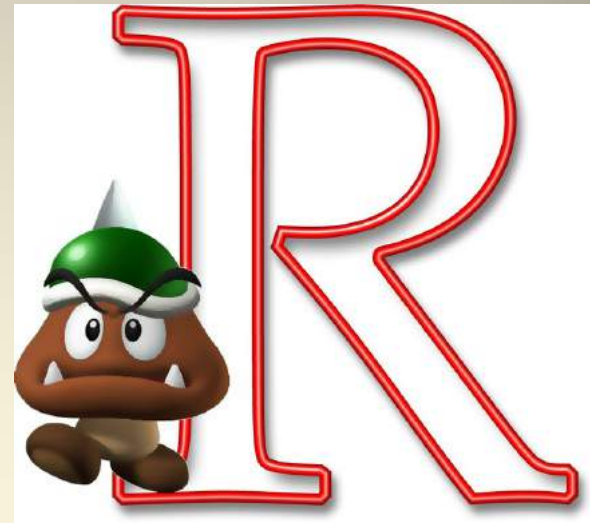
*Etc...*

# CONCLUSION

Tous les atomes sont construits selon le même mode de remplissage des différentes couches :  **$2n^2$  électrons par couche** (modèle de Bohr)

	Hydrogène Z=1	Calcium Z=20	Tungstène Z=74
$W_k$ (eV)	- 13,6	- 4000	- 69500
$W_{ext}$ (eV)	- 13,6	- 25,4	- 5,7

- Les électrons de la **couche K** sont les plus **fortement liés** :  $W_k$  varie **bcp** selon les atomes
- Les électrons de la **couche la plus externe** sont les **moins fortement liés** :  $W_{ext}$  varie **peu** selon les atomes (dépend peu de Z)
- Lorsque les couches électroniques **les plus basses** sont complétées l'atome est dans son **état fondamental** (sinon excès d'énergie)



Merci à tous pour votre attention !

