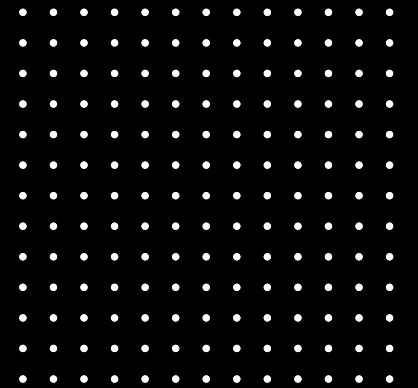
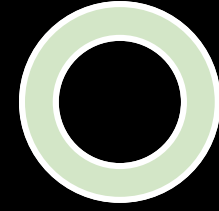
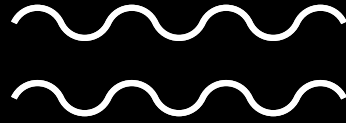


Présentation de la Biophysique

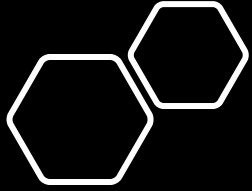




BIOPHYSIQUE

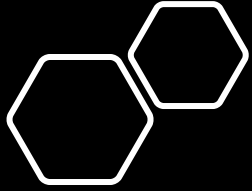
A group of young people are posed in a room with red walls and a red light filter. In the foreground, a young man with curly hair sits on the floor wearing a red jacket over a striped shirt. To his right, another young man sits wearing a red and white plaid jacket over a white t-shirt. Behind them, several other young people are standing or sitting, some with their hands clasped or resting their heads on their hands. The overall mood is dramatic and moody.

Physique

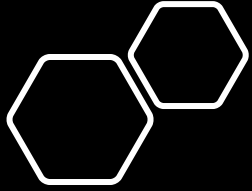


Plan

- ✓ Les états de la matière
(Rappel)
- ✓ Notion de masse et d'énergie
- ✓ Particules, ondes et atomes
- ✓ Éléments sur la structure
électronique de l'atome



Les états de la matière



I. Les 3 états de la matière

A. Les 3 états

ETAT SOLIDE

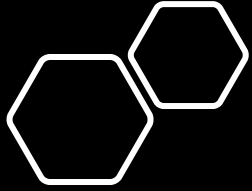
- * État ordonné
- * Position fixe entre les molécules
- * E_C entraîne des rotations/vibrations autour d'une position moyenne fixe
- * $E_L \gg E_C$

ETAT LIQUIDE

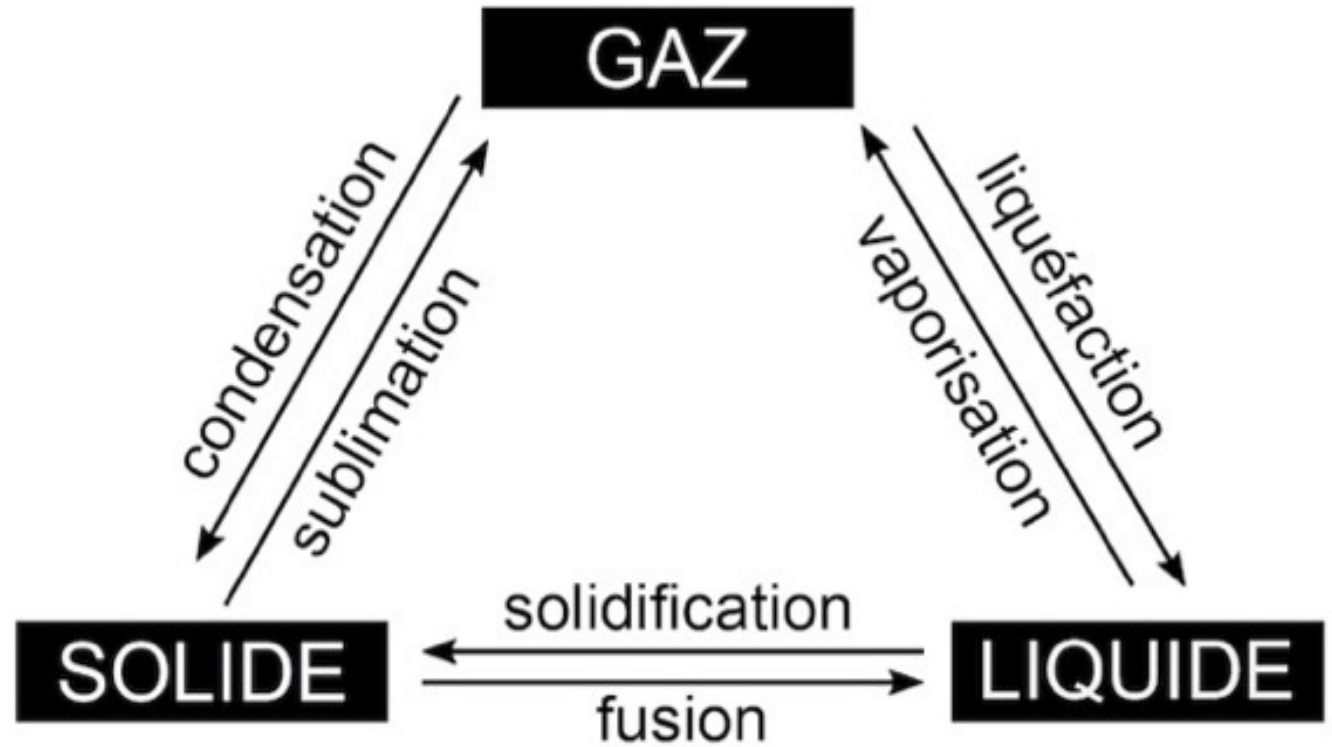
- * État dispersé fluide et cohérent (pas de forme propre mais prend celle de son contenant)
- * Molécules liées à une molécule voisine dont elles sont capables de se séparer pour retomber sous l'emprise d'une autre molécule voisine
- * $E_L \approx E_C$

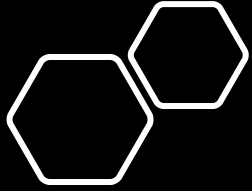
ETAT GAZEUX

- * État dispersé fluide et non cohérent (occupe tout l'espace du contenant)
- * Agitation thermique dominante responsable de la pression
- * $E_C \gg E_L$

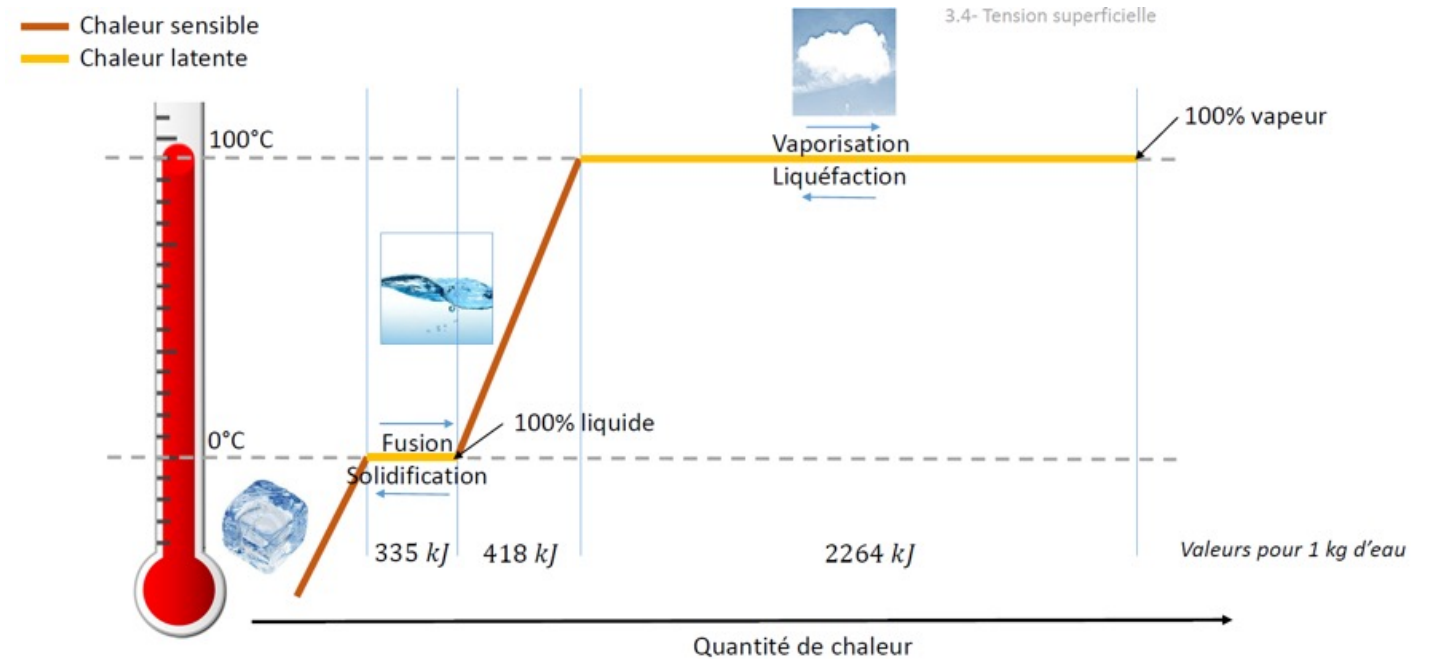


B. Passage d'un état à l'autre

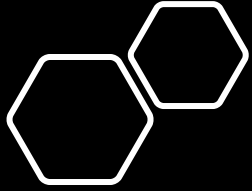




C. Exemple de l'eau



→ Donc la chaleur sensible permet l'augmentation de la température alors que la chaleur latente elle permet le changement d'état comme la fusion et la vaporisation !



II. Etats gazeux : application à la respiration

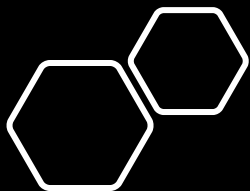
A. Composition d'un mélange gazeux

Définition : Le mélange gazeux est composé de différents gaz, et chaque gaz est présent avec une certaine proportion qui est donnée par la fraction molaire notée F_i .

$$F_i = \frac{n_i}{n_{tot}}$$

n_i : nb moles de gaz

n_{tot} : nb moles du mélange



B. Notion de pression partielle

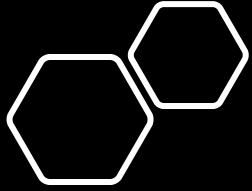
Définition : c'est la pression qu'exercerait les molécules du composant s'il occupait seul le volume du mélange. Elle est liée à la fraction molaire :

$$P_i = F_i \times P_{tot}$$

P_{tot} : pression du mélange

Exemple :

Gaz	F_i (%)	P_i (mmHg)
Diazote N_2	78,00	592,7
Dioxygène O_2	21,00	160
Gaz rares inertes	0,92	7
Dioxyde de carbone CO_2	0,04	0,3



C. Gaz dissous dans le sang

Lorsque les gaz passent dans le sang ils vont devoir **passer de l'état gazeux à l'état dissous**.

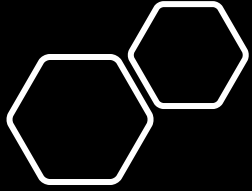
En effet les molécules de gaz se dissolvent dans les liquides et donc acquièrent une concentration.

Loi de Henry :

$$C_i = \alpha_i \times P_i$$

α_i : coefficient de solubilité

Gaz	α_i [$mmol.L^{-1}.kPa^{-1}$]
Diazote N_2	0,006
Dioxygène O_2	0,0105
Dioxyde de carbone CO_2	0,225



D. Transfert alvéolo-capillaire de l'O₂

Diffusion à travers la membrane alvéolo-capillaire

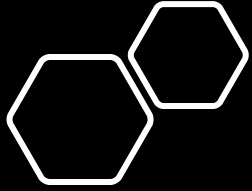
- Cette diffusion se fait selon la loi de Fick et en fonction du gradient de pression partielle.
- Ainsi : $P_iO_2 = 150 \text{ mmHg} = 19950 \text{ Pa}$ donc $C(O_2) = \alpha P_iO_2 = 209 \text{ mmol.l}^{-1}$

Le transfert érythrocytaire

- Dès que l'oxygène est dans le plasma, il n'y reste pas car il traverse directement la membrane du globule rouge et se fixe à l'hémoglobine grâce à une réaction chimique. Ainsi la concentration dissoute dans le plasma reste très faible.

Saturation artérielle en oxygène

- C'est le rapport entre l'hémoglobine qui fixe l'oxygène sur l'hémoglobine totale
- Elle est normale si $SaO_2 > 95\%$ ainsi l'hémoglobine est presque saturée en oxygène, donc fixe beaucoup d'oxygène, ainsi la concentration en oxygène dans le plasma diminue. Permettant ainsi le maintien d'un gradient favorable à la diffusion dans le sens alvéole-sang de l'oxygène.



III. Etat solide : application à l'os

A. Rappel sur les déformations élastiques

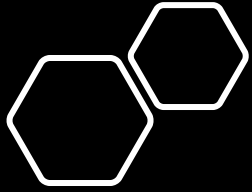
$$F = \gamma S \frac{\Delta L}{L}$$

γ : module d'élasticité de Young

S : surface de la section

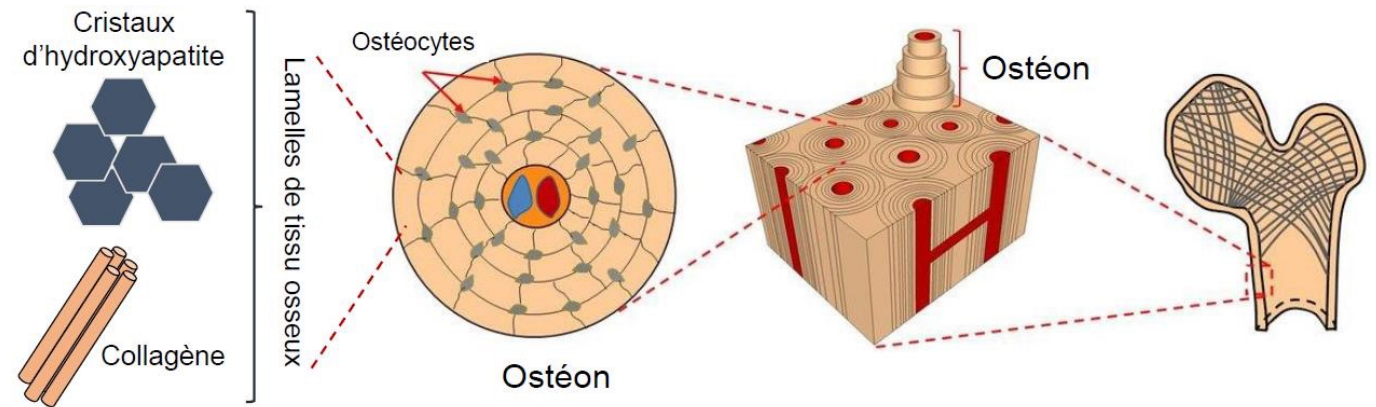
$\frac{\Delta L}{L}$: raccourcissement/allongement

Le module de Young c'est le rapport entre la contrainte et la déformation, donc plus il est élevé plus la matière est rigide.

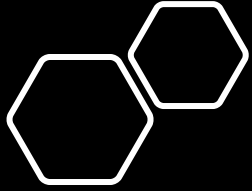


B. Structure de l'os

L'os est composé de 2 types de structure : l'os spongieux et l'os compact, cependant seul l'os compact est intéressant sur le plan de la mécanique.



→ La matrice organique conditionne les propriétés élastiques alors que la partie minérale détermine la résistance aux déformations.

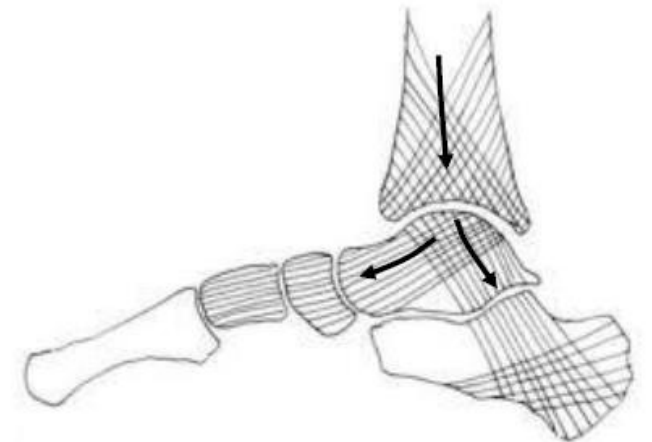
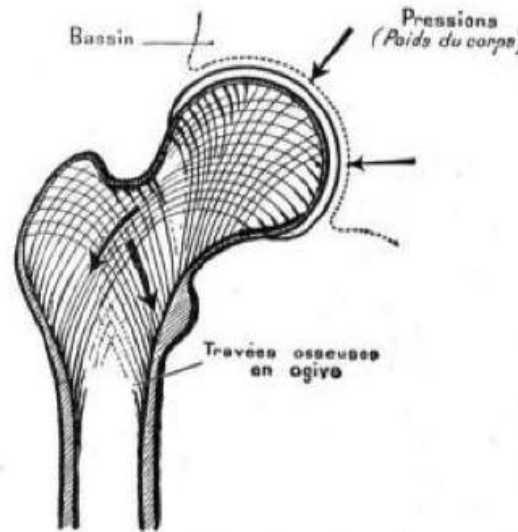


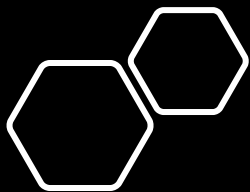
C. Propriétés mécaniques de l'os compact

L'os compact a des propriétés mécaniques qui sont dites **anisotropes** c'est-à-dire qu'elles **dépendent de la direction**.

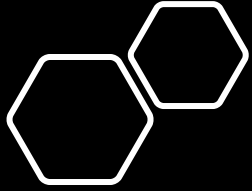
Le module d'élasticité de est **plus élevé dans le sens longitudinal** des travées que dans le sens transversal.

Ainsi les travées osseuses sont organisées pour répondre au mieux aux pressions ainsi les directions des travées osseuses correspondent aux forces de pression. On peut remarquer ces travées sur les schémas ci-dessous :





Notion de masse et d'énergie



I. La masse en mécanique classique

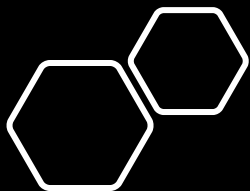
La masse est définie comme la mesure de la quantité de matière d'un corps. Dans le système international (SI) elle s'exprime en kg.

Cependant le kg comme le gramme (utilisé en chimie) n'est **pas** adapté pour les atomes isolés ou pour les particules élémentaires (physique). Il faut trouver une unité de masse cohérente avec la nomenclature des noyaux :



A : nombre de masse (nb nucléons)

Z : numéro atomique (nb protons)

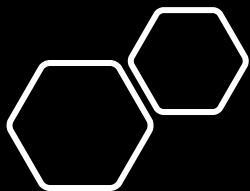


II. La masse (molaire) atomique

Définition : C'est la masse d'une mole d'atome, elle s'exprime en gramme et est définie comme la masse de N atomes (N : le nombre d'Avogadro $N = 6,02.10^{23}$)

Le nombre d'Avogadro N a été choisi pour qu'une mole d'atomes de carbone 12 ait une masse de 12g. Le nombre de masse A est l'entier le plus proche de la masse atomique exprimée en g.

Masse	Hydrogène 1_1H	Carbone ${}^{12}_6C$	Oxygène ${}^{16}_8O$
d'un atome en g	$0,167.10^{-23}$	2.10^{-23}	$2,657.10^{-23}$
d'une mole d'atomes en g masse atomique	1,007	12	15,994
A nombre de masse (nombre de nucléons)	1	12	16



III. L'unité de masse atomique (U)

C'est une unité particulière car elle est hors SI mais elle est adaptée à l'échelle des atomes isolés donc on l'utilise en physique.

$$1\text{u} = \frac{12\text{g}}{N} \times \frac{1}{12} = \frac{1}{N} = \frac{1}{6,02.10^{23}} = 0,166.10^{-23} \text{ g}$$

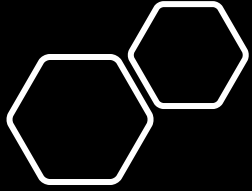
Masse	Hydrogène ^1_1H	Carbone $^{12}_6\text{C}$	Oxygène $^{16}_8\text{O}$
d'un atome en g	0, 167.10 ⁻²³	2.10 ⁻²³	2,657.10 ⁻²³
d'une mole d'atomes en g (masse atomique)	1,007	12	15,994
d'un atome en unité de masse atomique	1,007	12	15,994
A nombre de masse (nombre de nucléons)	1	12	16

On peut donc constater que :

La masse en u s'exprime par le même nombre que la masse d'une mole d'atome en g.mol⁻¹.

La valeur numérique de A peut exprimer 3 quantités selon son unité on son absence d'unités :

- Le **nombre de nucléons** (sans unités)
- La valeur entière la plus proche de la **masse d'une mole d'atomes** (g)
- La valeur entière la plus proche de la **masse d'un atome** (u)



IV. Relations masse/énergie

→ En mécanique classique :

La masse est définie comme la résistance aux accélérations (utilisée pour calculer la force nécessaire pour qu'un corps acquière une accélération).

→ Énergie d'une masse au repos :

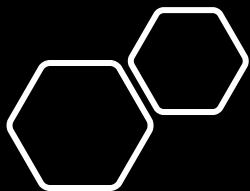
Selon Einstein une masse au repos est une énergie :

$$E_0 = m_0 c^2$$

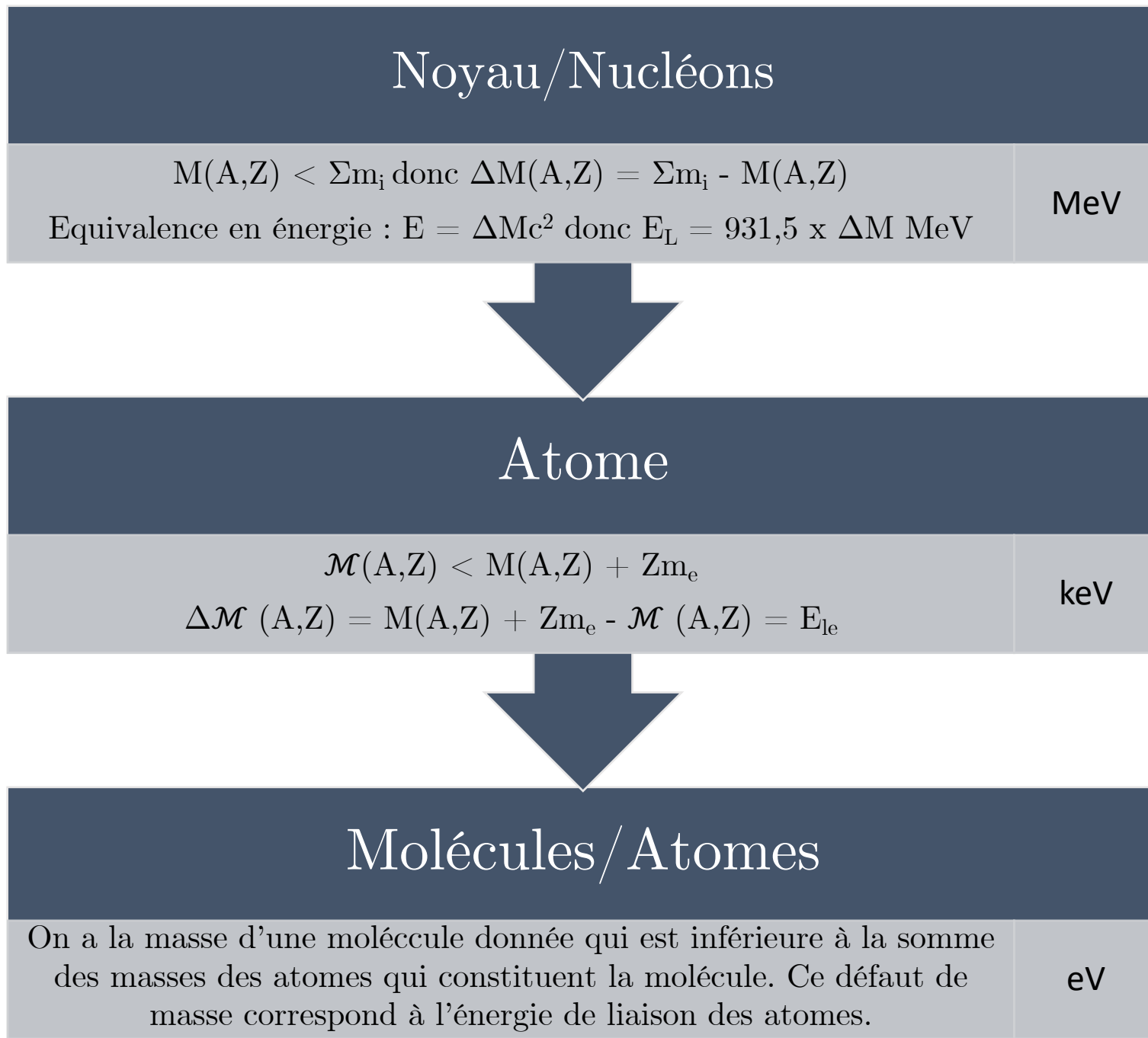
c : vitesse de la lumière

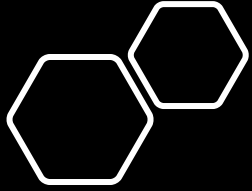
→ Équivalence masse/énergie pour 1u :

$$1u = \frac{0,166 \cdot 10^{-26} \times (2,9979 \cdot 10^8)^2}{1,602 \cdot 10^{-19}} = 931,5 \text{ Mev}/c^2$$



V. Défaut de masse





VI. Conclusion

Exemple du carbone 12 :

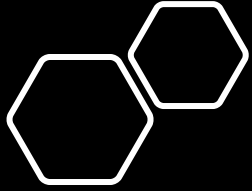
→ Nombre de nucléons : $A = 12$

→ On a différentes façons de mesurer sa masse :

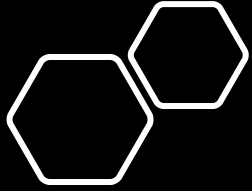
- La masse atomique = 12g
- La masse d'un atome = 12u

→ Avec l'équivalence masse/énergie : $E_0 = m_0 c^2$ on trouve les énergies de liaison :

- L'énergie de liaison des électrons (on parle du défaut de masse au niveau atomique) $E = 0,277 \text{ keV}/c^2$
- L'énergie de liaison des nucléons (on parle du défaut de masse au niveau nucléaire) $E = 92 \text{ MeV}/c^2$



Particules et ondes



I. Particules matérielles

A. L'électron

Caractéristiques de l'électron :

- Masse au repos : $m_e = 9,1909 \cdot 10^{-28} \text{ g} = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ u} = \frac{1}{2000} \text{ u}$
- Masse relativiste : Sa vitesse est non négligeable par rapport à la célérité de la lumière c

→ particule relativiste :

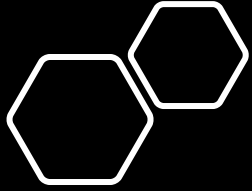
$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

m_0 : masse au repos

- Équivalence masse/énergie :

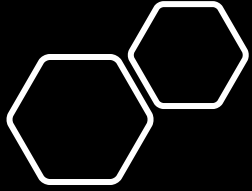
$$E_0 = m_0 c^2 = 931 \times 0,548 \cdot 10^{-3} = 0,511 \text{ MeV} = 511 \text{ keV}$$

- Charge négative : $e^- = -1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
- Unité d'énergie : électron volt (eV), pour exprimer l'énergie de manière adaptée aux énergies mises en jeu par l'atome, qui correspond à l'énergie acquise par un électron sans vitesse initiale sous l'effet d'une différence de potentiel de 1 volt. On a $1\text{eV} = E_C = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.



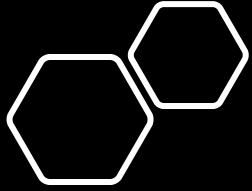
B. Le proton et le neutron

	Proton	Neutron
Masse au repos	$m_p = 1,007 \text{ u}$	$m_n = 1,009 \text{ u}$
Vitesse	Non relativiste	Non relativiste
Charge	$E^+ = 1,602 \cdot 10^{-19}$	Nulle
Stabilité	Stable	Instable hors du noyau : se décompose immédiatement



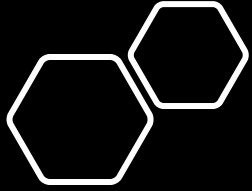
C. L'atome d'hydrogène

- Comme son noyau est composé d'un seul proton et sachant que la masse du proton au repos vaut : $m_p = 1,007 \text{ u}$ et que la masse de l'électron au repos vaut : $m_e = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ u}$.
- Ainsi la masse de l'atome d'hydrogène vaut : $m_H = 1 \times m_p + 1 \times m_e = 1,0075 \text{ u}$ donc selon le degré de précision on peut dire que : $m_H = 1 \times m_p = 1,007 \text{ u}$.



D. Particules matérielles

Particules	Propriétés	Masse au repos	Charge
Positon β^+	Antiparticule de l'électron	$m = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ u}$	$+ 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
Neutrino ν et antineutrino $\bar{\nu}$	Expliquent la radioactivité β^+ et β^-	Quasi nulle	Nulle
Particule α	<p>4 nucléons : $2p + 2n$</p> <p>Noyau de l'hélium ${}^4_2\text{He}$</p> <p>Notée : $\alpha, \alpha^{++}, {}^4_2\text{He}, \text{He}^{++}$</p>	<p>$m = 4,0015 \text{ u}$</p> <p>$< 2m_p + 2m_n$</p>	<p>$+ 3,204 \cdot 10^{-19} \text{ C}$</p> <p>$= 2 \times e^+$</p>



II. Ondes électro-magnétiques

A. Représentation ondulatoire classique

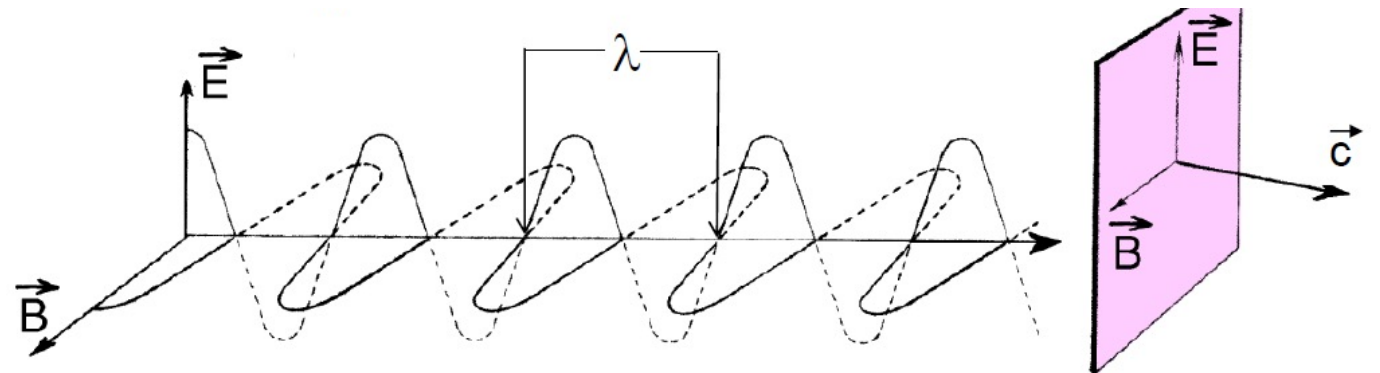
C'est une perturbation du champ électromagnétique qui se **propage** dans le vide à la **vitesse de la lumière** : $c = 3.10^8 \text{ m.s}^{-1}$

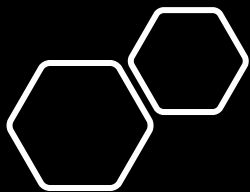
C'est la propagation simultanée d'un champ électrique et d'un champ magnétique qui vibrent en phase

On caractérise les ondes électromagnétiques par :

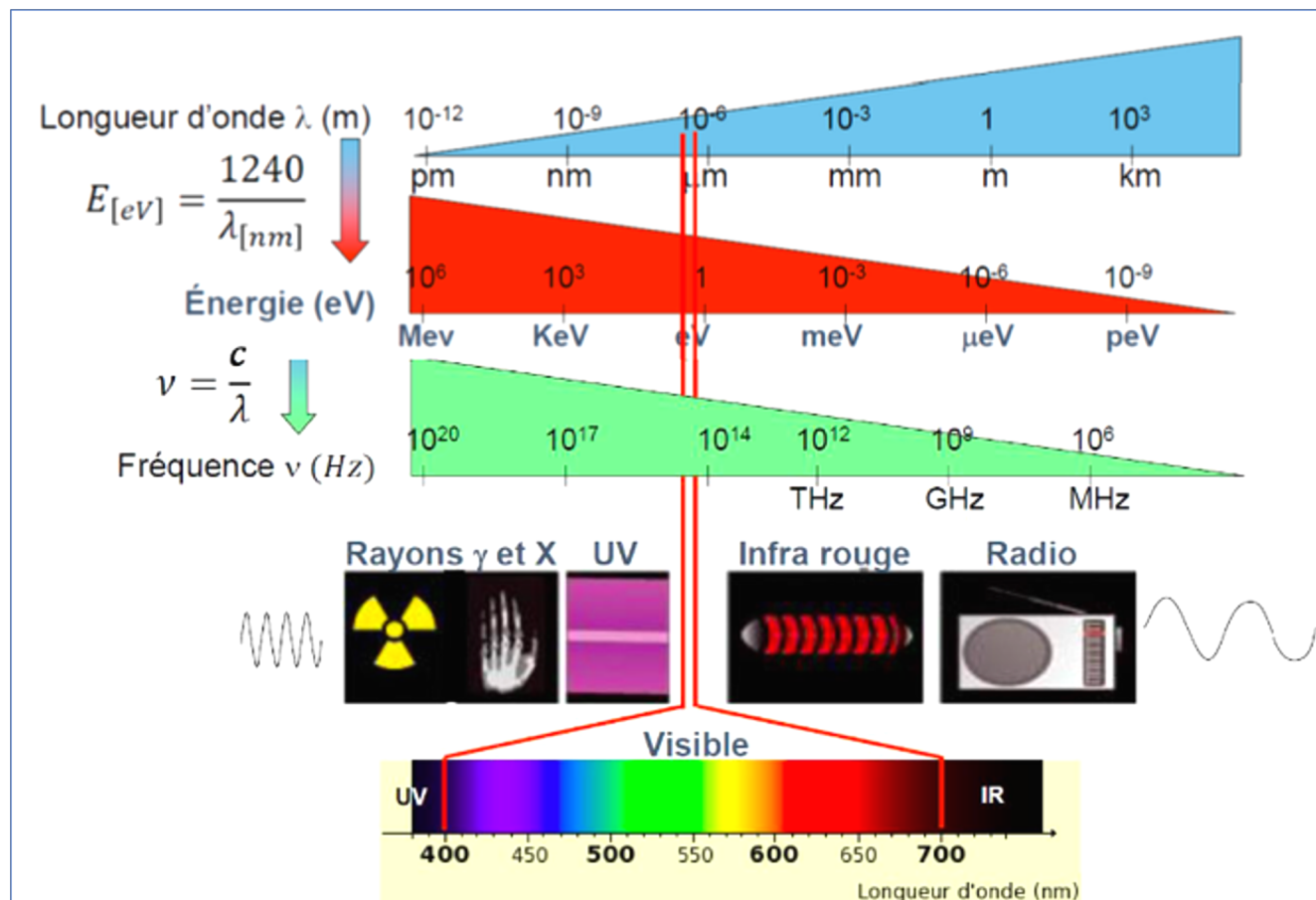
→ Leur **longueur d'onde**, notée λ , qui est la plus petite distance séparant 2 points dans un même état d'excitation

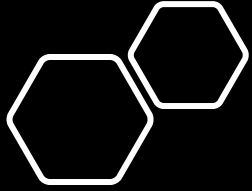
→ Leur **fréquence**, notée ν





B. Le spectre des ondes électro - magnétiques





C. Représentation quantique

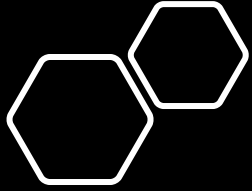
Une onde EM ne peut céder ou acquérir de l'énergie qu'elle transporte que par des quantités discontinues, multiples

$$E = h\nu$$

$$E = \frac{hc}{\lambda} \text{ en J}$$

La relation de Duane et Hunt : on peut relier E et λ dans les unités adaptées (E en eV et λ en nm) :

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



III. Dualité onde/particule

A. Selon Einstein

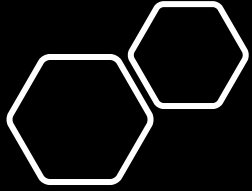
Les OEM peuvent être considérées comme de nature corpusculaire
= les photons.

Comme on a $E = mc^2$ pour une particule de masse m et on a

$E = \frac{hc}{\lambda}$ du quantum de Planck on trouve ainsi :

$$E = mc^2 = \frac{hc}{\lambda} \rightarrow m = \frac{h}{\lambda c}$$

→ On peut donc considérer les ondes comme des corpuscules appelés photons. Ils ont une masse théorique qui est dynamique.



B. Selon Broglie

On peut associer à chaque particule une représentation ondulatoire.

Comme on a $m = \frac{h}{\lambda c}$ pour un photon on a donc pour une particule $m = \frac{h}{\lambda v}$ avec v la vitesse de la particule.

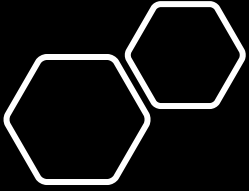
La relation d'Einstein vaut pour toutes les particules dont l'électron.

Ainsi pour toute particule de masse m et de vitesse v on peut associer une onde :

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

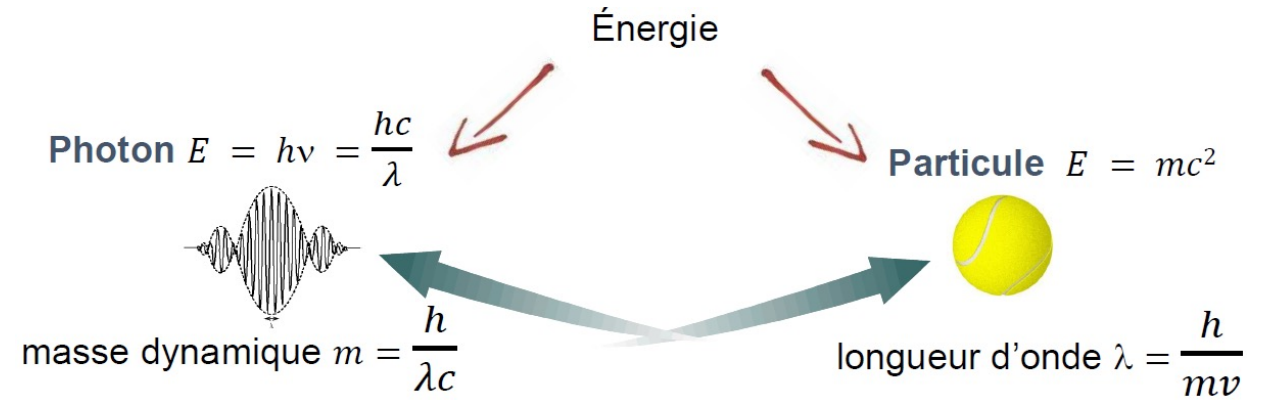
→ D'après **Einstein** on peut considérer une onde λ avec une masse dynamique

→ D'après **De Broglie** une **particule** de masse m en **mouvement** peut être caractérisée par une **longueur d'onde**



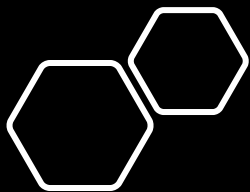
IV. Conclusion

L'énergie peut être transportée de différentes manières : soit par un photon, soit par une particule :

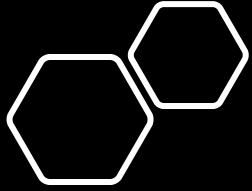


Cependant cette théorie a des limites en pratique car elle dépend de l'échelle :

- Si on a un **électron** qui a une différence de potentiel de 100 V sa longueur d'onde sera de l'ordre : $\lambda = 1,2 \cdot 10^{-10} \text{ m}$ donc on est dans l'ordre de grandeur du noyau.
- Si on a une **balle de tennis** à 100 km/h ici la longueur d'onde sera de l'ordre de : $\lambda = 4,2 \cdot 10^{-34} \text{ m}$, il n'y aura donc pas de manifestation ondulatoire à cette échelle car elle est en dehors de l'échelle du monde physique.



Éléments sur la structure électronique de l'atome

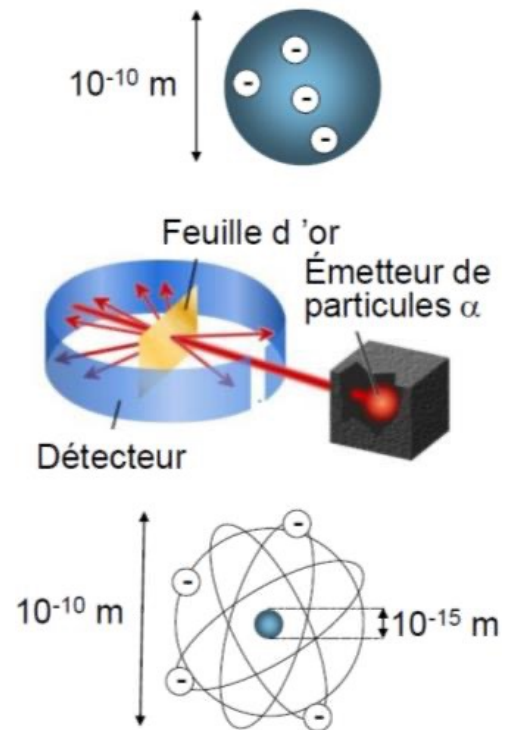


I. Le modèle de Rutherford

Début du Xxème : atome = **sphère pleine positive** sur laquelle étaient accrochées des charges négatives.

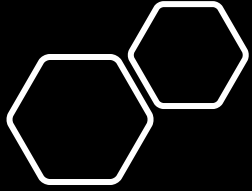
Rutherford : expérience ; **émettre des particules α** qui bombardent une cible et ainsi **détecter les déviations** de ces particules.

⇒ Diffusion des particules à travers la feuille métallique **incompatible avec le modèle sphérique** car une majorité des particules α n'étaient **pas déviées**, il a donc conclu que la matière est **pleine de vide**.



Il décrit ainsi le **modèle planétaire** :

- Dans ce modèle la **masse** serait **concentrée au niveau du noyau** qui lui-même est chargé **positivement** (10^{-15} m).
- Et les **électrons** chargés négativement sont **refoulés à la périphérie** du vide péri-nucléaire (10^{-10} m).



II. Le principe du modèle de Bord

Le modèle de Bohr est une conséquence directe de la **dualité onde-particule**.

Si on considère un atome d'hydrogène composé d'un proton et d'un électron qui gravite autour de lui, pour que cet électron puisse tourner autour du noyau, il faut que le périmètre de cette l'orbite soit compatible avec la nature ondulatoire de l'électron.

La circonférence de l'orbite doit donc pouvoir loger un nombre entier de longueur d'onde de l'électron :

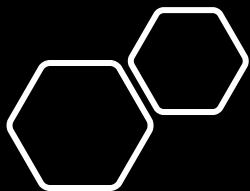
$$l = 2\pi r = n\lambda$$

n : nombre entier

Le rayon r de orbites possible est donc quantifié : il y a un nombre fini d'orbites de rayons :

$$r = n \frac{\lambda}{2\pi}$$

L'intensité de la liaison des électrons dépend de l'orbite sur laquelle il va se positionner.



III. Modèle de Bord : énergie de l'électron

Pour l'atome H et l'orbite n on a l'énergie de l'électron qui vaut :

$$W_n = -13,6 \frac{1}{n^2} \text{ eV}$$

→ L'énergie de l'électron W est négative, puisqu'on considère qu'il est dans un puits d'énergie

→ L'énergie de liaison E_L de l'électron : énergie qu'il faut apporter pour arracher cet électron à l'édifice atomique et l'emporter loin de l'influence du noyau.

$$E_L = |W|$$

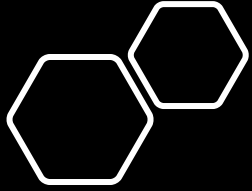
n	1	2	3	4	
$r (10^{-10} \text{ m})$	0,5	2	4,5	8	
<i>Orbite</i>	K	L	M	N	
$W_n (\text{eV})$	-13,6	-3,4	-1,5	-0,8	

$$W_k/4 \quad W_k/9 \quad W_k/16$$

Dans le modèle de Bohr on note les orbites $K, L, M \dots$

→ A l'état **fondamental** de H , l'électron occupe la couche K car c'est la couche qui correspond à l'énergie W_n **minimale** (et donc E_L **maximale**).

→ Il peut passer sur une orbite supérieure par **absorption d'un quantum d'énergie**



IV. Généralisation du modèle de Bohr

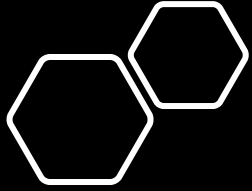
Théoriquement : si on extrapole la formule pour l'hydrogène on trouve

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

Cependant en réalité on a le **cortège électronique** qui modifie l'interaction noyau/électron (car les électrons se gênent les uns les autres) par un **effet écran**

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

σ : cst d'écran



V. Remplissage des couches électroniques dans le modèle de Bohr

Pour savoir combien d'électrons peut contenir une couche on utilise les règles de remplissage

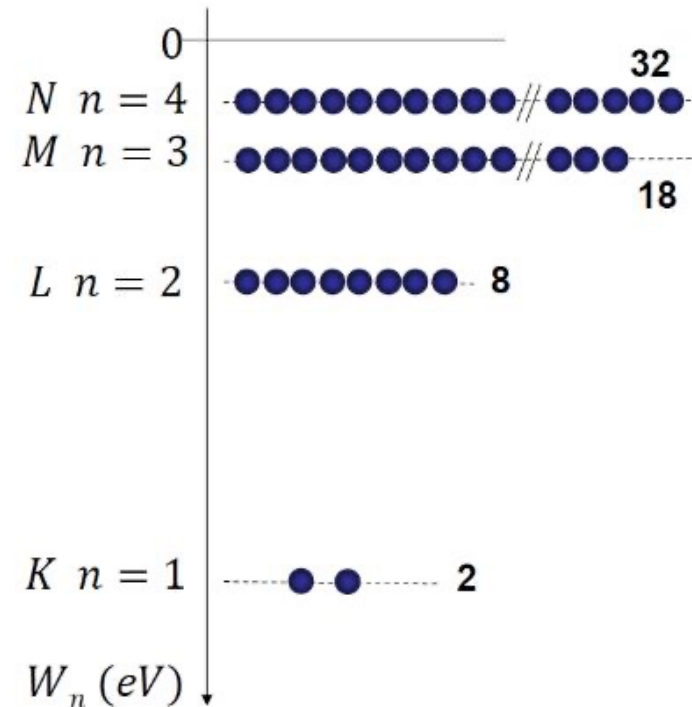
On a au maximum $2n^2$ électrons par couche :

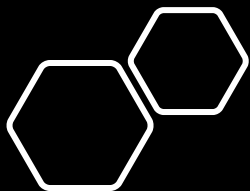
→ Pour la couche K on a au maximum 2 électrons ($2 \times 1^2 = 2$)

→ Pour la couche L ($n=2$) on aura 8 électrons

→ Pour la couche M ($n=3$) on aura 18 électrons

→ Pour la couche N ($n=4$) on aura 32 électrons





VI. Conclusion

→ Tous les atomes sont construits selon le même mode de remplissage des couche électroniques avec la règle du modèle de Bohr : $2n^2$

→ Les énergies des électrons dépendent des couches sur lesquelles ils sont positionnés ainsi que du Z de l'atome :

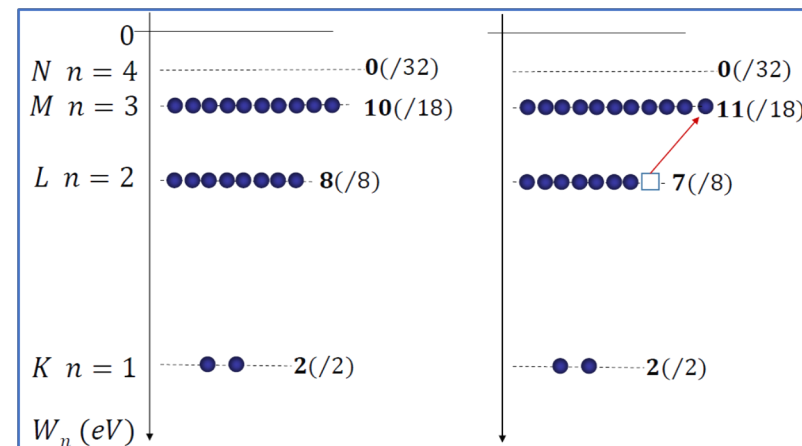
	Hydrogène $Z = 1$	Calcium $Z = 20$	Tungstène $Z = 74$
W_k (eV)	- 13,6	- 4000	- 69500
W_{ext} (eV)	- 13,6	- 25,4	- 5,7

→ Les électrons de la couche K sont les plus fortement liés : W_K varie beaucoup selon les atomes (fonction de Z^2 à l'effet écran près)

→ Les électrons de la couche la plus externe sont les moins fortement liés (car il y a un effet écran plus important), W_{ext} varie peu selon les atomes (dépend peu du Z)

→ Lorsque les couches électroniques les plus basses sont complètes, l'atome est alors dans son état fondamental.

→ Si l'atome a acquis une certaine quantité d'énergie alors il est en excès d'énergie = état excité





Merci à tous !