

Notion de masse et d'énergie

A. LA MASSE EN MECANIQUE CLASSIQUE

Rappel : La masse, est la mesure de la quantité de matière d'un corps. Dans le système international (SI), celle-ci s'exprime en kg ou en g.

Mais ces unités de masse sont-elles **adaptées** pour les atomes ?

- Dans le SI (kg, g), elles sont adaptées principalement pour de **grande population** d'atome notamment en chimie,
- Mais elles sont peu ou pas utilisable pour les **atomes isolés** et les particules élémentaires en physique,
- Finalement les unités de masse doivent être cohérentes entre elles et avec la nomenclature des noyaux (c'est la façon dont identifie chaque noyaux)

L'identification d'un noyaux X par 2 nombres :

A = le nombre de masse = nombre de **nucléons**

Z = le numéro atomique = nombre de **protons**

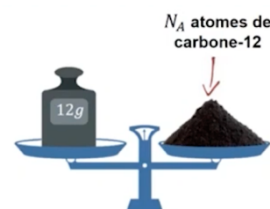


B. LA MASSE (MOLAIRE) ATOMIQUE

La masse molaire est la **masse d'une mole d'atome**, elle s'exprime en gramme.

C'est donc la masse de N atomes avec N, le nombre d'Avogadro qui est une constante à connaître par cœur = $6,02 \cdot 10^{23}$

Le nombre d'Avogadro (N) a été choisi pour qu'une mole d'atome de carbone 12 ait une masse de 12g.



Exemples : (à ne pas connaître par cœur)

Masse	Hydrogène ${}^1_1\text{H}$	Carbone ${}^{12}_6\text{C}$	Oxygène ${}^{16}_8\text{O}$
d'un atome en g	$0,167 \cdot 10^{-23}$	$2 \cdot 10^{-23}$	$2,657 \cdot 10^{-23}$
d'une mole d'atomes en g masse atomique	1,007	12	15,994
A nombre de masse (nombre de nucléons)	1	12	16

- 1^{ere} ligne = masse d'un atome, ce sont des valeurs extrêmement faibles et donc peu pratiques à manipuler.

- 2^e ligne = masse d'une mole d'atome, bcp plus pratique. Pour passer de la ligne 1 à la 2, on prend pour exemple le carbone :

On va alors calculer la masse d'un atome de $C \times N = 2 \cdot 10^{-23} \times 6,02 \cdot 10^{23} = 12$

- Dernière ligne = le nombre de masse = nombre de nucléons.

Remarque : le nombre de masse **A** est égale à l'entier le plus proche de la **masse atomique** (en gramme), donc la cohérence est obtenue.

La masse molaire nous donne des chiffres manipulables mais elle concerne un nombre élevé d'atomes (cette unité est plus utilisée en chimie).

C. L'UNITE DE MASSE ATOMIQUE (U)

C'est une unité qui permet de travailler à l'échelle **d'un atome isolé** (*donc on l'utilise en physique*). Cette unité est très particulière car elle est **hors SI**.

Définition **d'une unité de masse atomique (1u)** qui correspond à 1/12 -ème de la masse d'un atome de carbone 12, donc :

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

On va rajouter une ligne à notre exemple :

Masse	Hydrogène 1_1H	Carbone $^{12}_6C$	Oxygène $^{16}_8O$
d'un atome en g	$0,167 \cdot 10^{-23}$	$2 \cdot 10^{-23}$	$2,657 \cdot 10^{-23}$
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

Remarques : l'unité de masse atomique (u) est un système **bien adapté** pour décrire les masses des **particules élémentaires**. On peut exprimer la masse d'une particule élémentaire :

$$m_u = m_g \times N$$

aux arrondis près avec m_g = la masse exprimée en gramme.

La masse atomique en u s'exprime par le même nombre que la masse d'une mole d'atomes en g/mol. Exemple pour l'hydrogène : la masse atomique 1,007 u = une mole d'atome 1,007.

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

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

D. LES RELATIONS MASSE/ENERGIE

→ **En mécanique classique :**

La masse est simplement définie comme la résistance à l'accélération. Cette masse est utilisée pour calculer la force nécessaire pour qu'un corps acquiert une accélération.

→ **En mécanique quantique :** Energie d'une masse au repos (E_0)

Einstein décrit une masse au repos comme une énergie avec cette formule :

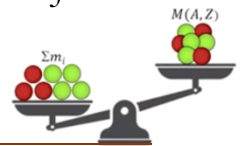
$$E_0 = m_0 c^2$$

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

→ **Équivalence masse/énergie pour 1u :** car toute masse est une énergie

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

m en kg = $0,166 \cdot 10^{-26}$ et $c = 2,9979 \cdot 10^8$ et on divise le tout par 1eV en J.



E. DEFAT DE MASSE

Tout groupe cohérent de particules a un **défaut de masse (ΔM)** qui est lié à l'énergie de liaison de ses particules entre elles.

→ Au niveau du **noyau/nucléons**, en **MeV**

La masse du noyau est inférieure à la somme des masses de ses nucléons qui le constitue :

$$(\text{masse d'un noyau}) M(A, Z) < \sum m_i (\text{la somme des masses élémentaires des nucléons})$$

$$\text{Défaut de masse : } \Delta M(A, Z) = \sum m_i - M(A, Z)$$

Ce défaut de masse est équivalent à une énergie selon la formule d'Einstein : $E = \Delta M c^2$. Cette énergie correspond à l'énergie de liaison des nucléons :

$$(\text{en MeV}) E_L = 931,5 \times \Delta M (\text{en u})$$

Généralisation : ce défaut de masse s'applique à tout groupe cohérent de particules (noyau, atome et molécule)

→ Au niveau de **l'atome/électrons**, en **keV**

La masse de l'atome constitué $M(A,Z)$ est inférieure à la somme de la somme de ses constituants (=neutrons, électrons et protons)

$$(\text{masse de l'atome}) M(A,Z) < M(A,Z) + Zm_e \text{ (la somme des masses des électrons)}$$

$$\Delta M(A,Z) = M(A,Z) + Zm_e - M(A,Z) = E_{le} \text{ (énergie de liaison des électrons)}$$

→ Au niveau des **molécules**, en **eV**

La masse d'une molécule donnée est inférieure à la somme des masses des atomes qui la constitue. Ce défaut de masse correspond à l'énergie de liaison des molécules.

Ordres de grandeur : +++

	Noyau/Nucléons	Atome/Électrons	Molécules/Atomes
Énergie de liaison	MeV	keV	eV

CONCLUSION

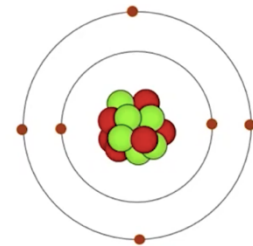
Les points importants sont illustrés par l'exemple du **Carbone 12** :

♥ Nombre de nucléons : $A = 12$

♥ Différentes manières de mesurer sa **masse** :

La masse atomique : 12g

La masse d'un atome : 12u



♥ Avec l'équivalence masse/énergie : on trouve les **énergies de liaison E_l** :

- L'énergie de liaison des électrons (défaut de masse au niveau atomique)

$$E_{le} = 0,277 \text{ keV}/c^2$$

-L'énergie de liaison des nucléons (défaut de masse au niveau du noyau)

$$E_{ln} = 92 \text{ MeV}/c^2$$