- **Masse nucléaire** : masse du noyau (dans l'état fondamental)

$$\boxed{m_{\mathsf{nucl}}({}^A_Z\mathrm{X}^N) \;=\; Z\,m_{\mathrm{p}} + N\,m_{\mathrm{n}} - B_{\mathsf{N}}/c^2}$$

avec B_{N} l'énergie de liaison nucléaire / nuclear binding energy, $\sim 8\,\mathrm{MeV}$ par nucléon (fig.1)[1].

- **Masse d'un atome** | masse atomique :

$$\boxed{m_{\mathsf{at}}({}^A_Z\mathrm{X}^N) \;=\; m_{\mathsf{nucl}}({}^A_Z\mathrm{X}^N) + Z\,m_e - B_e/c^2}$$

avec B_e l'énergie de liaison électronique, typiquement $3\,\mathrm{keV}$ par électron, souvent négligeable.

- **Unité de masse atomique** (uma ou u, ou Dalton, Da) :

$$1\,\mathrm{uma} \;=\; 1\,\mathrm{u} \;=\; m_{\mathrm{u}} := \tfrac{1}{12}\,m_{\mathsf{at}}({}^{12}\mathrm{C}) \;=\; \begin{cases} 1.6605\cdot 10^{-27}\,\mathrm{kg} \\ 931.49\ \mathrm{MeV}/c^2 \end{cases}$$

$\Rightarrow m_{\mathsf{at}}({}^1\mathrm{H}) = 1.0078\,\mathrm{u}$, $m_{\mathrm{p}} = 938.27\,\mathrm{MeV}/c^2 = 1.0073\,\mathrm{u}$, $m_{\mathrm{n}} = 939.57\,\mathrm{MeV}/c^2 = 1.0087\,\mathrm{u}$.

- **Excès de masse atomique** | mass excess :

$$\begin{aligned}
\Delta m_{\mathsf{at}} &= m_{\mathsf{at}} - A\times m_{\mathrm{u}} \\
&= Z\,(m_{\mathrm{p}} + m_e - m_{\mathrm{n}}) + A\,(m_{\mathrm{n}} - m_{\mathrm{u}}) - B_{\mathsf{N}}/c^2 - B_e/c^2 \\
&= Z\,(-0.782 - B_e/Z) + A\,(8.071 - B_{\mathsf{N}}/A) \quad \text{en MeV} \\
&= Z\,(-0.00084 - B_e/Z) + A\,(0.00867 - B_{\mathsf{N}}/A) \quad \text{en uma}
\end{aligned}$$

$\Delta m_{\mathsf{at}}({}^{12}\mathrm{C}) = 0$ par définition.

Défaut de masse | mass defect (moins utilisé) : $B = Z\,m_{\mathrm{p}} + N\,m_{\mathrm{n}} - m_{\mathsf{at}}$.

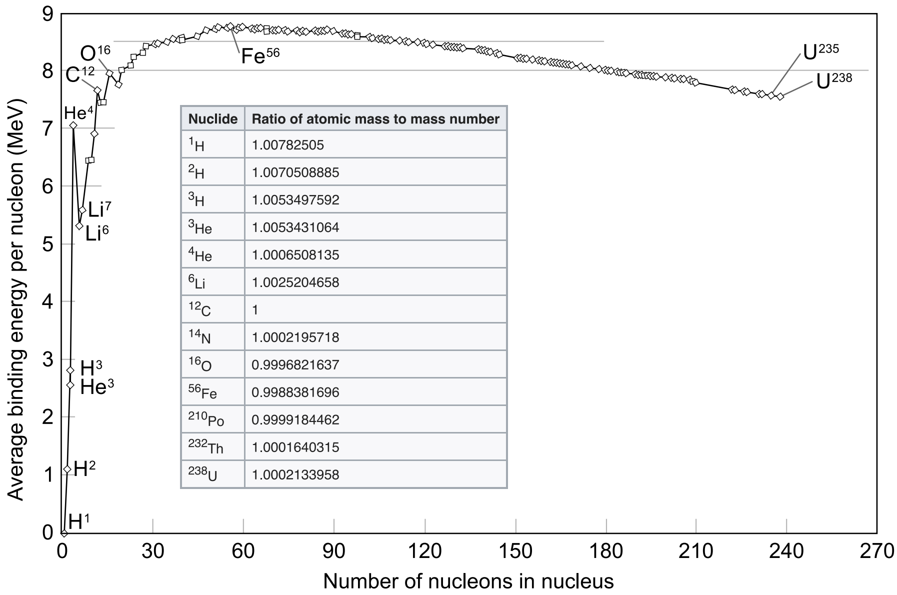
- **Masse atomique relative** | Relative atomic mass | atomic weight | poids atomique d'un élément :

$$\boxed{A_{\mathsf{r}} := m_{\mathsf{at}}/m_{\mathrm{u}}}$$

Pour un isotope ${}^A\mathrm{X}$ donné, $A_{\mathsf{r}} = A + \Delta m_{\mathsf{at}}/m_{\mathrm{u}}$, avec $|\Delta m_{\mathsf{at}}/m_{\mathrm{u}}| < 1\%$, souvent $< 0.1\%$. Lorsque l'isotope n'est pas précisé, c'est la masse atomique relative *standard* $A_{\mathsf{r,st}}$, moyenne sur Terre des différents isotopes : $A_{\mathsf{r,st}}(\mathrm{X}) \;=\; \sum_A \%_A^{\mathsf{st}} \times A_{\mathsf{r}}({}^A\mathrm{X})$.

1. Formule de Bethe-Weizsäcker, semi-empirique :

$$\frac{B_{\mathsf{N}}}{A} = \underbrace{14}_{\text{satur}^\circ} - \underbrace{13/A^{1/3}}_{\text{surf. tens}} - \underbrace{0.585\,Z^2}_{\text{Coulomb}}/A^{4/3} - \underbrace{19.3\,(N-Z)^2/A^2}_{\text{terme d'asym.}} \pm \underbrace{33/A^{7/4}}_{\substack{\text{pair-pair,}\\ \text{impair-pair}}} \quad \text{en MeV}$$



Nuclide	Ratio of atomic mass to mass number
^{1}H	1.00782505
^{2}H	1.0070508885
^{3}H	1.0053497592
^{3}He	1.0053431064
^{4}He	1.0006508135
^{6}Li	1.0025204658
^{12}C	1
^{14}N	1.0002195718
^{16}O	0.9996821637
^{56}Fe	0.9988381696
^{210}Po	0.9999184462
^{232}Th	1.0001640315
^{238}U	1.0002133958

Figure 1. Énergie de liaison nucléaire en fonction de A et rapport $A_{\mathsf{r}}/A = 1 + \Delta m_{\mathsf{at}}/(A\, m_{\mathrm{u}})$.

- **Mole** :

$$N_{\mathrm{A}} := 6.02214076 \times 10^{23}\ \mathrm{mol}^{-1}$$

- **Masse molaire** d'un élément[2] :

$$\boxed{M := m_{\mathsf{at}}\, N_{\mathrm{A}} = A_{\mathsf{r}}\, M_{\mathrm{u}} \quad \text{avec} \quad M_{\mathrm{u}} := N_{\mathrm{A}}\, m_{\mathrm{u}} \simeq 1\,\mathrm{g/mol}}$$

  Pour des molécules, $M = \sum_i a_i\, A_{\mathsf{r,st}}(\mathrm{X}_i)$. Poids moléculaire | masse molaire relative : $M_{\mathsf{r}} = M/M_{\mathrm{u}}$.

- **Densité** et masses molaires :

  Pour un élément, $\rho = n \times m_{\mathsf{at}}$ où n est le nombre d'atomes par unité de volume et ρ la densité.

$$\boxed{n = \frac{\rho}{m_{\mathsf{at}}} = \frac{N_{\mathrm{A}}\, \rho}{M} = \frac{\rho}{A_{\mathsf{r}}\, m_{\mathrm{u}}}}$$

  (typiquement, n en $\#/\mathrm{cm}^3$, N_{A} en $\#/\mathrm{mol}$, M en $\mathrm{g/mol}$, ρ en g/cm^3). Plus généralement, $n = \rho/m_{\mathsf{unit}} = N_{\mathrm{A}}\, \rho/M$ reste valable.

- **Volume molaire** : (typiquement en $\mathrm{m}^3/\mathrm{mol}$)

$$V_{\mathsf{m}} := \frac{M}{\rho} = \frac{N_{\mathrm{A}}}{n} = v\, N_{\mathrm{A}}$$

2. $M_{\mathrm{u}} = (1 - 3{\cdot}10^{-10})\ \mathrm{g/mol}$ dans le nouveau SI où N_{A} est fixé et $12\,\mathrm{u} = m_{\mathsf{at}}(^{12}\mathrm{C}) = A_{\mathsf{r}}(^{12}\mathrm{C})\, M_{\mathrm{u}}/N_{\mathrm{A}} = 12\, M_{\mathrm{u}}/N_{\mathrm{A}}$ par définition. Avant, N_{A} était mesuré de façon à avoir $M_{\mathrm{u}} = 1\,\mathrm{g/mol}$.