# Masse = energie au repos

conservation de la quadri-impulsion dans le centre de masse :

$\underset{\sim}{P_1} + \underset{\sim}{P_2} = \underset{\sim}{P}$ avec $\underset{\sim}{P_1} = (m\gamma c, \vec{p})$ $\underset{\sim}{P_2} = (m\gamma c, -\vec{p})$ où $\gamma = (1 - 9/25)^{-1/2} = 5/4$

et $\underset{\sim}{P} = (Mc, \vec{0})$

donc $M = 2\gamma m > 2m$

Pour l'atome d'hydrogène : $Mc^2 = m_p c^2 + m_e c^2 + \Delta E$ ($\Delta E < 0$ = l'atome est lié)

donc $\dfrac{m_e + m_p - M}{m_e + m_p} = \dfrac{13{,}5\ 10^{6}}{0{,}5 + 938{,}3} = 1{,}4\ 10^{-8}$

<u>défaut de masse :</u>

- particule $\alpha$ : $\dfrac{\Delta E}{c^2} = 4.0026 - 2\times(1.0073 + 1.0087) = -0{,}0294\ u$
$= -27{,}4\ MeV/c^2$

$^{238}U$ : $\dfrac{\Delta E_{nucl}}{c^2} = 238.0022 - \underbrace{92}_{\#protons} \times 1.00728 - \underbrace{146}_{\#neutrons} \times 1.00866 = -1.932\ u$ $= -1799{,}6\ MeV/c^2$

on gagne en énergie presque la masse de 2 nucléons

et $\Delta E_{nucl}$ =

pour l'atome : $\dfrac{\Delta E}{c^2} = 238.0508 - 92\times(\underbrace{1.00728}_{m_{proton}} + \underbrace{5.49\ 10^{-4}}_{m_{e^-}})$
$- 146 \times 1.00866$
$= -1.934\ u$ $= -1801{,}5\ MeV/c^2$

ouf ! $\Delta E < \Delta E_{nucl}$ donc les électrons sont bien liés au noyau. D'ailleurs on a :

$\Delta E_{(nuage\ e^-)} = \Delta E - \Delta E_{nucl} = -1{,}86\ MeV$ = il faut fournir pas mal d'énergie pour arracher tous les électrons au noyau !