



Comparaison entre le combustible pétrole et le combustible uranium

Masse d'un noyau d'uranium :

L'expérience montre que la masse d'un noyau d'uranium vaut $234,9935u$ où u représente l'unité de masse utilisée par les physiciens spécialisés dans la physique atomique : $1u = 1,6606 \cdot 10^{-27} \text{kg}$.
Donc la masse de l'atome d'uranium est : $m = 234,9935 \cdot 1,6606 \cdot 10^{-27} = 3,90230206 \cdot 10^{-25} \text{kg}$

Nombre de noyaux d'uranium contenus dans 1g d'uranium :

$$1 \text{ noyau} \rightarrow 3,9023026 \cdot 10^{-25} \text{kg}$$

$$x \text{ noyaux} \rightarrow 0,001 \text{kg}$$

$$\text{Donc } x \cdot 3,9023026 \cdot 10^{-25} = 1 \cdot 0,001$$

$$\text{Soit } x = 0,001 / 3,9023026 \cdot 10^{-25} = 2,56 \cdot 10^{21}$$

Dans un morceau d'uranium de 1g il y a $2,56 \cdot 10^{21}$ atomes d'uranium.

Disparition de masse lors d'une fission nucléaire :

L'expérience montre que lors de la fission d'un noyau d'uranium il disparaît une masse de $3,15 \cdot 10^{-28} \text{kg}$.
Donc lors de la fission de 1g d'uranium il disparaît une masse $m_{\text{disparue}} = 2,56 \cdot 10^{21} \cdot 3,15 \cdot 10^{-28} = 8,07 \cdot 10^{-7} \text{kg}$

Energie libérée par la fission de 1g d'uranium :

Selon la relation $E = mc^2$, la disparition d'une masse m s'accompagne en contrepartie de l'apparition d'énergie sous forme de chaleur :

$$E_{\text{apparue}} = m_{\text{disparue}} c^2 = 8,07 \cdot 10^{-7} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 7,26 \cdot 10^{10} \text{ J}$$

La fission de 1g d'uranium libère donc une énergie de 72,6 milliards de Joules.

Comparaison avec l'énergie libérée par la combustion du pétrole :

Le pouvoir calorifique du pétrole est de 42MJ/kg : la combustion de 1000 g de pétrole libère une énergie de 42 millions de Joules, alors que la fission de seulement 1g d'uranium libère 72,6 milliards de Joules.

$$\text{Comparaison de ces deux énergies : } \frac{72,6 \cdot 10^9}{42 \cdot 10^6} = 1730$$

Finalement, d'un point de vue purement comptable, la fission de 1g d'uranium libère 1730 fois plus d'énergie que n'en fournit la combustion de 1000g de pétrole. Ce résultat doit néanmoins être modéré, comme on l'explique ci dessous :

Compléments et précisions :

Le calcul ci-dessus supposait, sans le dire, qu'on avait affaire à de l'uranium 235 pur (uranium avec 92 protons et $235-92 = 143$ neutrons). Mais l'uranium naturel ne contient en fait que 0,7% d'uranium 235 et 99,3% d'uranium 238 (donc avec $238-92 = 146$ neutrons) : or seul l'uranium 235 peut être fissionné. Pour des raisons techniques les centrales nucléaires actuelles utilisent de l'uranium naturel enrichi à environ 4% en uranium 235.



Pour être plus réaliste on peut donc améliorer les calculs précédents en disant que sur 100 atomes il y en aura seulement 4 qui seront fissionnés et libèreront de l'énergie (les 96 atomes d'uranium 238 n'étant pas fissiles), ce qui fait que la fission de un gramme d'uranium enrichi libèrera non pas $7,26 \cdot 10^{10}$ J mais 4% de cette valeur, soit $2,9 \cdot 10^9$ J. Au final le gramme d'uranium enrichi libèrera donc $2,9 \cdot 10^9 / 42 \cdot 10^6 = 69$ fois plus d'énergie que la combustion de 1000g de pétrole (et non 1730 comme on l'annonçait plus haut). Finalement ceci montre que l'énergie nucléaire est beaucoup plus concentrée que l'énergie chimique (1g d'uranium enrichi libère 69 000 fois plus d'énergie que 1 gramme de pétrole).

Exemples concrets :

Roger Balian , membre de l'Académie des Sciences, écrit p 30 dans le livre « L'énergie de demain » (édition EDP sciences, Grenoble Sciences, livre rédigé par de multiples auteurs sous la direction du groupe énergie de la Société Française de Physique) qu'une centrale nucléaire de puissance 1000MW électrique consomme 27 tonnes d'uranium (enrichi à 3,2%) par an , qu'une centrale thermique de même puissance consomme 170 tonnes de fuel (ou 260 tonnes de charbon) par heure, et qu'une centrale hydraulique de même puissance nécessiterait la chute de 100m de haut de 1200 tonnes d'eau par seconde!