

Chapitre 32

L'énergie nucléaire

L'énergie nucléaire est liée à la cohésion entre les particules qui constituent le noyau de l'atome. Elle se manifeste lorsque des noyaux se cassent (fission nucléaire) ou lorsqu'ils s'assemblent (fusion nucléaire). Ces phénomènes libèrent de l'énergie et produisent des radiations.

Energie des radiations

Toute radiation possède une certaine énergie. Celle-ci se mesure en une unité particulière: l'électronvolt: eV. C'est l'énergie acquise par une charge élémentaire accélérée par une différence de potentiel de 1 V. On a: $1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.

Cette énergie est responsable de l'effet des radiations, principalement sur les êtres vivants.

Fission nucléaire

Certains noyaux d'atomes lourds, tels que l'uranium, sont susceptibles, dans des conditions particulières, de subir le phénomène de fission, c'est-à-dire de se "casser" pour donner naissance à deux nouveaux noyaux.

Chaque fission est accompagnée de l'émission de deux à trois neutrons en moyenne et d'un dégagement d'énergie, sous forme thermique, utilisable pour produire, par transformation, de l'énergie électrique.

Chaque fission d'un noyau d'uranium est accompagnée d'un dégagement d'énergie de 200 MeV. Comparativement, l'énergie dégagée par une réaction chimique entre deux atomes est de l'ordre de quelques eV seulement !

On s'aperçoit alors que la fission d'une mole d'uranium ($6,02 \cdot 10^{23}$ atomes ou 235 g d'uranium) produit une énergie énorme de l'ordre de $1,9 \cdot 10^{13} \text{ J}$. C'est environ l'énergie consommée par 2000 ménages en une année (comparable à l'énergie dégagée par l'explosion de la bombe d'Hiroshima).

Fusion nucléaire

La fusion concerne les noyaux légers tels que les isotopes de l'hydrogène (deutérium et tritium). Par exemple, un noyau de deutérium peut fusionner avec un noyau de tritium pour former un noyau d'hélium. Cette fusion est exothermique, c'est-à-dire qu'elle produit de la chaleur.

L'énergie dégagée est d'environ 17,6 MeV par fusion.

Ce processus a lieu au centre du Soleil et des étoiles. La matière s'y trouve à une température qui peut atteindre 10^8 K . Les particules possèdent alors une énergie cinétique énorme ce qui permet à deux noyaux, lors d'une collision, de s'approcher suffisamment l'un de l'autre, malgré la force répulsion électromagnétique, pour qu'ils fusionnent sous l'effet de la force nucléaire. Cette réaction s'appelle "réaction thermonucléaire".

Actuellement, un difficile problème à résoudre consiste à maîtriser la fusion, c'est-à-dire réussir à contrôler une réaction qui a lieu à des températures supérieures à dix millions de kelvins.

La fusion possède de nombreux avantages par rapport à la fission. La réserve d'hydrogène, sous forme de deutérium, est quasiment inépuisable dans l'eau des océans. La réaction de fusion ne produit pas d'éléments radioactifs de longue période contrairement à la réaction de fission nucléaire.

La radioactivité

La radioactivité (découverte par Becquerel en 1896) est la propriété du noyau de certains atomes d'émettre des particules ou un rayonnement, spontanément et indépendamment de toute action extérieure.

Types de radiations

Il existe plusieurs types de radiations. Les principales sont l'émission de particules α , de particules β et de rayonnement γ .

Emission de particules α

Cette radiation est caractérisée par l'émission d'une particule composée de deux protons et deux neutrons: il s'agit en fait d'un noyau d'hélium. Ce type de désintégration a lieu pour des noyaux lourds pour lesquels la somme du nombre de protons et neutrons dépasse 150. Ces particules sont soustraites au noyau qui les émet.

Les particules α sont facilement arrêtées par une feuille de papier.

Emission de particules β

Cette radiation est constituée d'un électron (particule β^-) ou d'un positron (particule β^+ , antiparticule de l'électron, chargée positivement) provenant du noyau qui se désintègre. Le nombre de masse ne change pas, même si le nombre de protons et de neutrons change.

Les particules β sont plus pénétrantes que les particules α : le parcours des particules β dans l'air est de l'ordre du mètre. Elles sont pratiquement totalement absorbées par une épaisseur de Plexiglas de 3 mm.

Emission de rayonnement γ

Les rayons γ sont un rayonnement électromagnétique comme les ondes radio ou la lumière.

Ce type de désintégration ne modifie ni le nombre de masse ni le numéro atomique de l'atome qui les émet.

Les rayons γ sont très pénétrants. Pour les absorber, il faut disposer d'un écran massif épais de plusieurs millimètres de plomb par exemple ou de plusieurs dizaines de centimètres de béton.

Effet biologique des radiations

Toute radiation produit sur les êtres vivants un effet biologique. L'Homme a toujours été exposé aux radiations de son environnement naturel. Les principales sources de radiations sont les rayons cosmiques, la radioactivité naturelle des roches et du sous-sol, de même que certains isotopes radioactifs que nous possédons dans nos tissus humains. Cela produit une dose d'irradiation mesurée en rem (röntgen equivalent man) ou en Sv (sievert).

Le sievert correspond, pour les rayonnements β et γ , à une énergie de $1 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$. La correspondance entre le rem et le sievert est: $1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$.

Cette dose d'irradiation dépend fortement du type de rayonnement, de son énergie et de son efficacité biologique relative (plus cette efficacité est grande, plus les radiations sont dangereuses); les émissions de particules α , quoique très rapidement absorbées, ont une efficacité relative dix fois plus élevée que celle des particules β . Cela est dû, en partie, à leur masse élevée (noyau d'hélium).

La dose moyenne annuelle absorbée naturellement par l'Homme est d'environ 5 mSv (500 mrem) par an. La dose maximale admissible pour les personnes dites "professionnellement exposées", telles que celles travaillant dans les centrales nucléaires ou dans les laboratoires de recherche nucléaire, a été fixée à 50 mSv par année. Ce facteur dix par rapport à la dose naturelle absorbée a été admis sans qu'on ait pu mettre en évidence un effet biologique irréversible pour des doses supérieures.

En effet, on ne connaît pas le seuil de danger des radiations; il faut donc se protéger de tout excès d'irradiation. A noter que les doses diagnostiques ou thérapeutiques (activités médicales) n'entrent pas dans le décompte de cette valeur maximale admissible.

On suppose que les différentes mutations observées dans l'évolution biologique de l'être humain, au cours de l'Histoire, sont dues, entre autres, aux effets des radiations naturelles cosmiques ou provenant des roches.

Sur le plan des effets biologiques, il faut faire la différence entre "irradiation" et "contamination".

L'irradiation est provoquée, soit par une source extérieure à l'être humain (rayons cosmiques, roches radioactives, etc.), soit par une source interne telle que l'ingestion d'un isotope radioactif

(consommation de champignons ayant accumulé des retombées radioactives, par exemple suite à l'accident de Tchernobyl).

La contamination a lieu lorsque des poussières radioactives se déposent sur la peau, lorsque l'on respire ou ingère de telles poussières ou lors de la consommation d'aliments contaminés. La contamination est beaucoup plus dangereuse que l'irradiation car l'isotope radioactif est en contact direct avec différents organes de notre corps et peut même entrer dans le métabolisme des cellules augmentant ainsi ses effets dangereux.

Les organes internes, les gonades (organes sexuels) et les yeux sont bien plus sensibles aux radiations que la peau, par exemple.