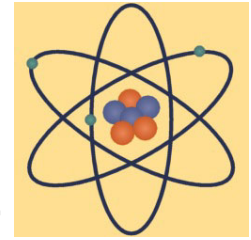


La matière, comment c'est fait?



Les radiations nucléaires

Dans notre vie de tous les jours, nous sommes continuellement bombardés de radiations de toutes sortes. Certaines sont naturelles et d'autres, artificielles. Les premières proviennent du Soleil, de l'espace et même du sol. Quant aux radiations artificielles, elles sont produites par l'homme. Parmi celles-ci, on retrouve les radiations provenant des fils électriques, des écrans d'ordinateur et de télévision, des cadrans lumineux, des appareils à rayons X, etc. Ainsi, même si elles passent complètement inaperçues, ces radiations font partie intégrante de nos vies.

Nous nous attarderons, dans ce texte, sur les radiations d'origine nucléaire et sur la radioactivité. Nous discuterons d'abord de l'histoire de la découverte de la radioactivité et des émissions qui y sont associées. Il sera ensuite question de l'origine nucléaire des radiations et de diverses réactions atomiques qui peuvent avoir lieu. Enfin, ces radiations ne sont pas sans effet sur les humains et l'environnement, nous verrons comment ceux-ci sont affectés.

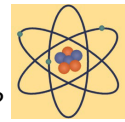
Historique

La physique nucléaire est née en 1896 lorsque Henri Becquerel a découvert un rayonnement qui ne dépendait ni de la température, ni du type de combinaison chimique dans lequel était extrait l'uranium, ni d'aucune condition extérieure. En fait, il recherchait un phénomène de ré-émission de la lumière appelé fluorescence. Pour se faire, il avait disposé un morceau de minerai d'uranium sur des plaques photographiques vierges, enveloppées d'un papier opaque à la lumière. Quelques jours plus tard, il découvrit que la plaque était voilée. L'effet de l'uranium venait d'être découvert.

En 1898, Pierre et Marie Curie prennent la relève et étudient la radioactivité. Ils réussissent à isoler deux éléments contenus à l'intérieur du minerai d'uranium. Ces éléments nouveaux furent nommés « polonium » et « radium ». À eux seuls, ils émettaient beaucoup plus que l'uranium lui-même. En étudiant ce rayonnement, qui dépend des propriétés du radium, Pierre et Marie Curie ont montré qu'il était possible d'ioniser des gaz avec ce rayonnement, tout comme il était possible de le faire avec les rayons X, découverts quelques années plus tôt par Röntgen. Aussi, ils montrèrent qu'une petite quantité de matière pouvait émettre beaucoup d'énergie et produire une élévation de température.

Rutherford a ensuite montré l'existence de trois sortes de « rayons » émis par le radium. En 1899, il décida de les classer selon leur charge et leur puissance.

C'est en 1900 que Becquerel a identifié les particules bêta comme étant des électrons pouvant parcourir plusieurs mètres dans l'air. La même année, Villard a identifié les rayons gamma comme étant des



ondes électromagnétiques qui peuvent traverser plusieurs centimètres de plomb. C'est ensuite en 1908 que Ruth et Toyds identifièrent les particules alpha comme étant des noyaux d'hélium (${}^4_2\text{He}$) qui, comme l'avait mentionné Rutherford quelques années auparavant, peuvent être arrêtées par une feuille de papier ou une couche d'air de 5 cm.

C'est ensuite en 1919 que Rutherford a réalisé la première transmutation artificielle d'un noyau et en 1934 que Frédéric Joliot et Irène Joliot-Curie ont découvert les noyaux artificiels.

La fission nucléaire a été découverte quelques années plus tard, c'est-à-dire en 1938, par deux scientifiques nommés Hahns et Strassmann.

Finalement, c'est en 1945 et en 1952 qu'ont explosé, dans l'ordre, la bombe atomique et la bombe thermonucléaire, les pires utilisations de l'énergie atomique.

Que sont les radiations nucléaires?

Le noyau atomique

Structure du noyau

Le noyau est composé de nucléons, qui sont les neutrons et les protons. On l'identifie de la façon suivante : A_ZX . Le numéro atomique Z représente le nombre de protons qui constituent le noyau. Il y a une possibilité de 92 protons pour les éléments naturels. Aussi, A est le nombre de masse et on le trouve en faisant la somme des neutrons et des protons. C'est donc le nombre total de nucléons $N + Z$.

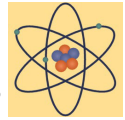
On appelle « isotope » des atomes dont les noyaux ont le même numéro atomique Z , mais un nombre de masse A différent. Par exemple, les trois atomes suivants sont des isotopes du carbone : ${}^{12}_6\text{C}$, ${}^{13}_6\text{C}$ et ${}^{14}_6\text{C}$. Étant donné que A varie, que Z est stable et que $A = N + Z$, on constate que ce qui varie d'un isotope à l'autre est le nombre de neutrons N .

Aussi, on dit que le ${}^{12}_6\text{C}$ a une masse de 12 u, où u représente l'unité de masse atomique ($1\text{ u} = 1,66054 \times 10^{-27}\text{ kg} = 931,5\text{ MeV}/c^2$).

Tableau 1 Masse des particules atomiques, exprimée en différentes unités

	kg	u	MeV/c ²
proton	$1,67264 \times 10^{-27}$	1,007276	938,28
neutron	$1,6750 \times 10^{-27}$	1,008665	939,57
électron	$9,109 \times 10^{-31}$	0,000459	0,511

On peut voir que la masse du proton est à peu près semblable à celle du neutron. De plus, on peut observer que la masse de l'électron est négligeable en comparaison à celle du neutron et du proton.



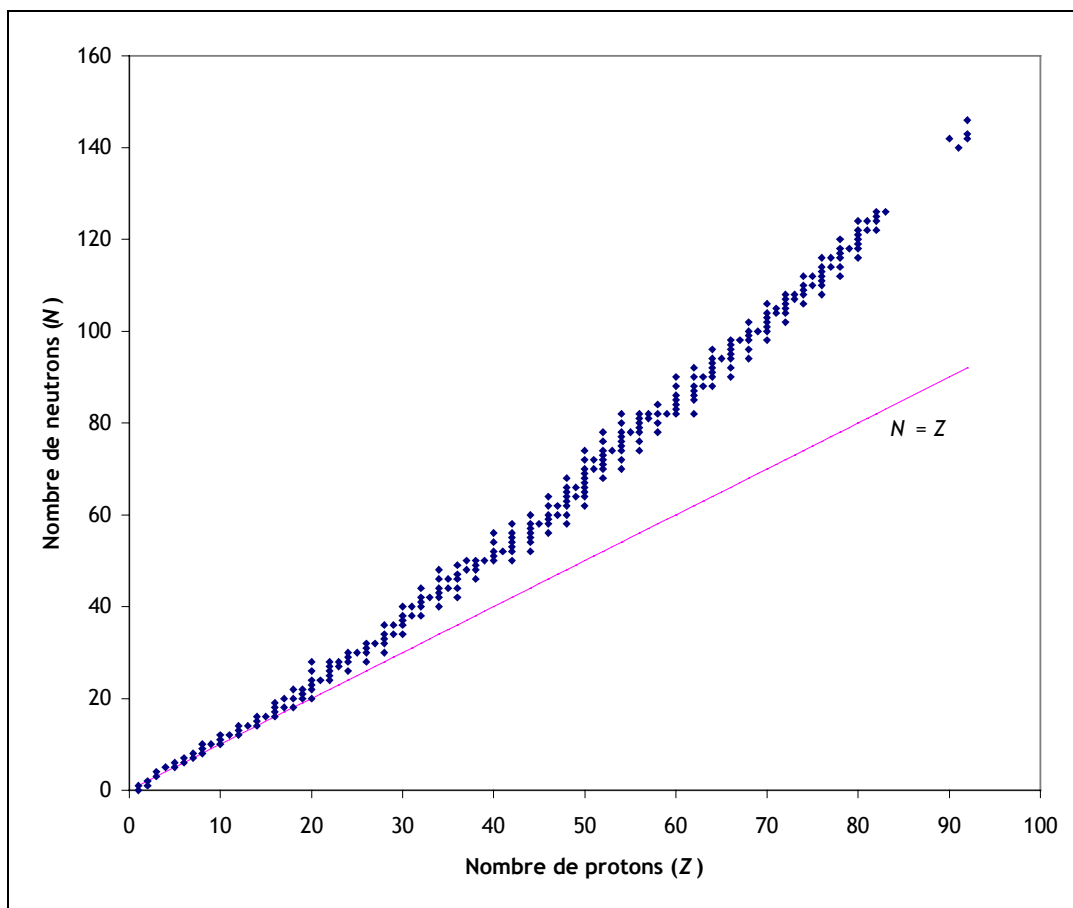
Rutherford a posé, grâce à ses expériences, l'hypothèse suivante : « La charge positive de l'atome devrait être concentrée dans une très petite sphère [qui se nommera] noyau. »¹ Il trouva aussi le rayon moyen des noyaux, malgré qu'ils soient plutôt de forme elliptique que sphérique. Pour calculer la valeur de ce rayon, il a fallu mesurer le taux de diffusion d'électrons très énergétiques à divers angles. Il a donc trouvé que : $R_{moyen} = R_0 A^{1/3}$, où A est le nombre de masse du noyau, R_0 est une constante égale à 1,2 fm (10^{-15} m) et R_{moyen} est la valeur moyenne du rayon du noyau.

Stabilité du noyau

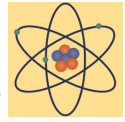
Un noyau est stable lorsque ses nucléons sont liés les uns aux autres. On connaît aujourd'hui 274 noyaux stables et 51 qui sont instables. Ces derniers sont appelés « atomes radioactifs » et ont une certaine probabilité de désintégration qui varie d'un noyau à un autre.

La figure 1 montre la distribution des noyaux, selon les axes Z et N .

Figure 1 Nombre de neutrons en fonction du nombre de protons pour des noyaux naturels



¹ André Auger et Carol Ouellet, *Vibrations, ondes, optique et physique moderne*, p. 525.



On peut y voir les caractéristiques suivantes :

- ♦ les noyaux légers ont pratiquement autant de protons que de neutrons;
- ♦ les noyaux lourds ont un excès de neutrons (par rapport à la droite $N = Z$) qui croît avec la masse;
- ♦ les noyaux naturels instables, dits radioactifs, se situent à l'extrémité supérieure de la distribution.

Énergie de liaison

L'énergie de liaison constitue l'énergie qu'il faut fournir à un noyau pour séparer complètement ses nucléons. L'énergie de liaison pour un noyau A_ZX est donnée par :

$$E_l = (Zm_H + Nm_N - m_X)c^2$$

où m_N est la masse du neutron, m_H , la masse de l'hydrogène ou, de manière équivalente, du proton, et m_X , la masse du noyau². « L'origine de l'énergie de liaison peut s'expliquer à partir de la relation masse-énergie $\Delta E = \Delta mc^2$, où Δm est la différence entre la masse totale des nucléons pris séparément et la masse du noyau stable. »³

On considère, pour évaluer la stabilité d'un noyau atomique, l'énergie de liaison par nucléon dans l'atome. Ainsi, plus l'énergie de liaison par nucléon est élevée, plus le noyau est stable. Sur la figure 2, on voit que le noyau atomique le plus stable est le fer 56.

² Les masses sont ici exprimées en MeV/c^2 .

³ *idem*, p. 253.

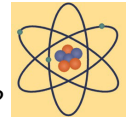
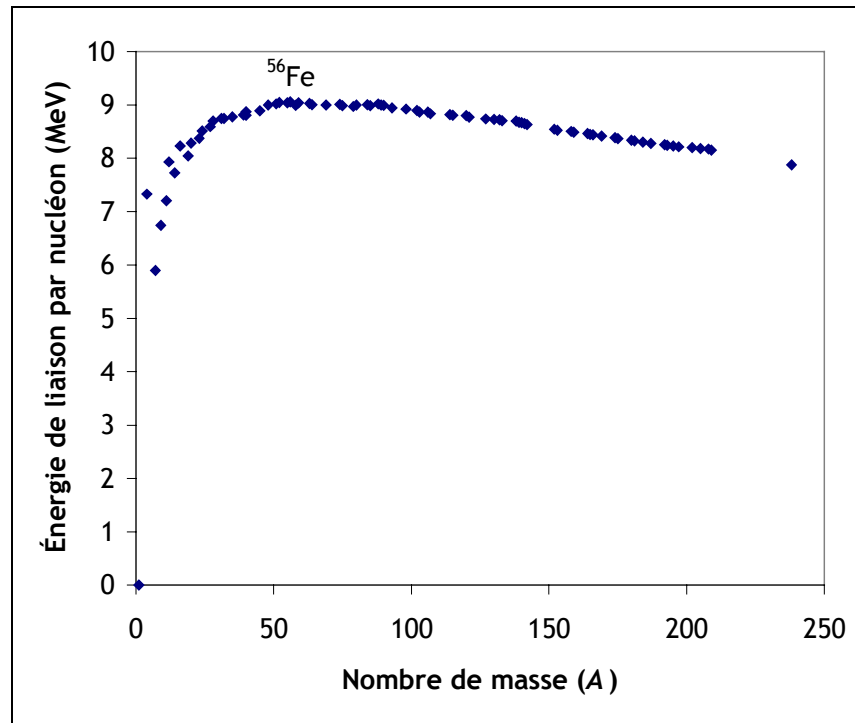


Figure 2 Énergie de liaison par nucléon



La radioactivité

La désintégration des noyaux a pu être détectée grâce aux radiations nucléaires qu'elle émet. Ces rayonnements sont principalement les rayons alpha, bêta et gamma.

Les noyaux instables se désintègrent, ou transmutent, à une vitesse et à un moment qu'on ne peut pas prévoir. Ils forment alors soit des noyaux stables, soit des noyaux instables. Il existe cependant une certaine probabilité de transmutation qui varie selon l'élément radioactif. Pour un même élément, on a une probabilité (p) qui est :

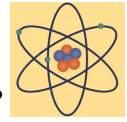
$$p = \lambda \Delta t$$

où λ est une constante de proportionnalité. Donc, à chaque instant, le nombre d'atomes qui se désintègrent est proportionnel au nombre d'atomes présents.

Pour un échantillon de plusieurs nuclides, on a :

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N$$

où N est le nombre de noyaux présents. Si on dit que le nombre de noyaux qui reste est :



$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

où N_0 est le nombre de noyaux initial, alors on obtient un taux de désintégration :

$$R = -\frac{dN}{dt} = \lambda N = R_0 e^{-\lambda t}$$

où R_0 est le taux initial de désintégration.

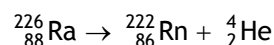
Les types de rayonnement

Émission de particules alpha

Les particules alpha, découvertes en 1903 par Rutherford, sont des noyaux d'hélium comprenant deux neutrons et deux protons. Ce sont donc des particules lourdes et chargées positivement qui, une fois émises par les noyaux radioactifs, pénètrent dans les tissus vivants jusqu'à une profondeur de 1 mm. Leur vitesse peut être mesurée de façon expérimentale en les faisant dévier par un champ magnétique connu.

Pour qu'une particule puisse être émise, il faut que la masse totale des produits soit plus petite que la masse du noyau de départ. Autrement dit, il faut que de l'énergie puisse être émise. La désintégration alpha est possible puisque la forte énergie de liaison du noyau d'hélium réduit la somme des masses des produits. Aussi, elle n'est possible que chez les noyaux lourds qui contiennent beaucoup de protons et de neutrons.

Voici donc un exemple de ce qui se produit lors de l'émission d'une particule alpha (${}^4_2\text{He}$) :

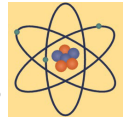


On peut voir ici que deux protons et deux neutrons sont partis du noyau émetteur. Le noyau restant a donc un numéro atomique diminué de 2 unités et un nombre de masse plus petit de 4 unités. Il est devenu plus stable que son prédécesseur.

L'énergie libérée au cours de cette réaction de désintégration est calculée selon l'équation suivante :

$$Q(\alpha) : Q = (m_X - m_Y - m_{\text{He}})c^2$$

où c est la vitesse de la lumière, m_X est la masse du noyau de départ et m_Y est la masse du noyau résultant. Pour l'exemple précédent, on trouverait $Q_{\text{Ra}} = 4,87$ MeV. Cette énergie est libérée en plus grande partie sous forme d'énergie cinétique. La petite partie restante est l'énergie de recul du noyau de radon.



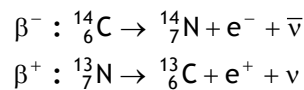
Il y a, pour l'émission d'une particule alpha, deux possibilités de réaction. D'abord, il se peut que le noyau X émette le noyau d'hélium et qu'il passe directement à l'état fondamental du noyau Y. Ou bien, le noyau X va émettre une particule alpha en passant d'abord par un état excité du noyau Y qui émettra ensuite un rayon gamma et ainsi tomber à l'état fondamental.

Émission de particules bêta

Les particules bêta, découvertes en 1899 par Rutherford, sont constituées d'électrons ou de positrons (électrons positifs). Elles se retrouvent sous différentes formes d'énergie et sont cent fois plus pénétrantes que les particules alpha.

L'émission d'une particule bêta est donc une émission d'un électron ou d'un positron qui n'existe pourtant pas à l'intérieur d'un noyau. Ils sont formés au moment même de l'émission, lorsqu'un neutron se transforme en un proton (β^-) ou qu'un proton se transforme en un neutron (β^+). Le noyau résultant a un numéro atomique plus grand ou plus petit d'une unité selon qu'il s'agit d'une réaction β^- (émission d'un électron) ou β^+ (émission d'un positron) et son nombre de masse ne varie pas.

Voici des exemples de réactions β^- et β^+ :



En ce qui concerne ces émissions bêta, Pauli a supposé que dans chacune de ces réactions, une particule appelée neutrino est émise en même temps que l'électron afin de respecter la loi de conservation de la quantité de mouvement.

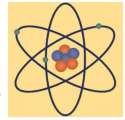
Un neutrino (ν) est une particule qui a une charge nulle et qui pourrait avoir une masse. Elle est très difficile à détecter puisqu'elle n'interagit avec la matière que par le biais de la force nucléaire et voyage à une vitesse proche de celle de la lumière (à la vitesse de la lumière si sa masse est réellement nulle).

Comme la masse du neutron est plus grande que celle du proton, l'émission d'une particule bêta libère l'énergie qui accélère l'électron et l'antineutrino.

Énergie de désintégration β :

$$\begin{aligned}Q(\beta^-) : Q &= (m_X - m_Y)c^2 \\ Q(\beta^+) : Q &= (m_X - m_Y - 2m_e)c^2\end{aligned}$$

La plus grande partie de l'énergie est libérée sous forme d'énergie cinétique. Une autre partie part avec le recul du noyau résultant et la partie restante est répartie entre les neutrinos et les électrons libérés.



Émission des rayons gamma

Les rayons gamma sont des photons de haute énergie produits au cours des transitions des noyaux entre différents niveaux d'énergie. Ces photons se déplacent à la vitesse de la lumière et sont émis suite à une désintégration alpha ou bêta, ou lorsqu'une collision excite un noyau. On peut aussi définir les rayons gamma comme des ondes électromagnétiques qui ont une fréquence supérieure à celle de la lumière visible et des rayons X. Ce rayonnement électromagnétique n'est pas dévié par un champ magnétique, car les particules qui le constituent ne sont pas chargées électriquement. Ces rayons traversent le corps et sont plus pénétrants que la lumière et les rayons X.

Un noyau est excité lorsqu'il a reçu de l'énergie ou lorsqu'il a été formé par une transmutation qui l'a laissé dans un état énergétique élevé. C'est pour se désexciter qu'il émet une particule gamma, pour reprendre son état stable. Au cours de cette réaction, il n'y a aucun changement de protons ou de neutrons. Il y a, en outre, trois possibilités de rayonnement. Tout d'abord, la désexcitation peut se faire lorsque le noyau passe directement de son état excité à l'état fondamental. Aussi, il peut passer par un ou plusieurs niveaux excités intermédiaires avant de passer à son niveau stable. Finalement, la désexcitation peut constituer un transfert de l'énergie sans rayonnement à un des électrons du cortège électronique, lequel est projeté hors de l'atome. On appelle cela une conversion interne.

Émission de neutrons

Les neutrons peuvent eux aussi émaner des substances radioactives. Ils proviennent principalement de la fission nucléaire, laquelle sera expliquée plus loin. Pour qu'un neutron soit émis, il faut qu'il y ait un apport d'énergie suffisant pour que l'énergie de liaison dans le noyau du neutron soit contrée. Par exemple, les rayons émis par un atome peuvent entrer dans un autre atome et en expulser un neutron. Cette réaction dégage de l'énergie.

Détection du rayonnement

Il y a de nombreux appareils qui servent à détecter les radiations. Par exemple, il y a le détecteur à semi-conducteurs, la chambre à étincelles, le compteur à scintillations (figure 2) et le compteur de Geiger, que nous expliquerons plus loin. D'autres appareils, comme la chambre à brouillard et la chambre à bulles, servent principalement à observer la trajectoire des différents types de rayonnement.

Les compteurs à scintillations fonctionnent grâce à l'ionisation produite par des particules chargées se déplaçant à haute vitesse dans certains liquides ou solides transparents, appelés matériaux scintillants, laissant ainsi des traînées de lumière visible. Certains gaz nobles, comme l'argon et le krypton, sont aussi utilisés, mais ils produisent plutôt de la lumière ultraviolette. Les premiers appareils de ce type étaient assez imprécis puisque les scintillations étaient comptées à l'œil. On utilise maintenant des photodétecteurs couplés à des photomultiplicateurs afin de compter les scintillations.

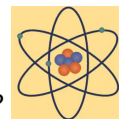
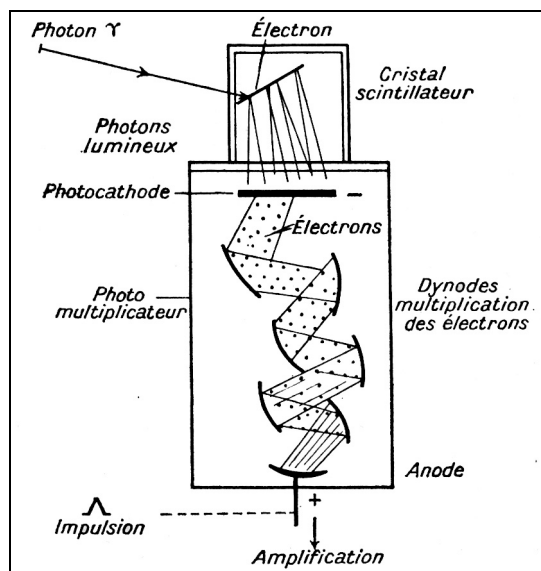
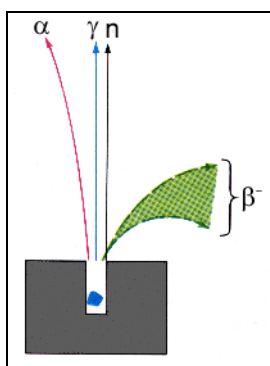


Figure 3 Schéma d'un compteur à scintillations⁴



On peut aussi faire dévier les radiations perçues à l'aide d'un champ magnétique perpendiculaire au faisceau de radiations. Cela permet de séparer les particules négatives, les particules neutres et les particules positives.

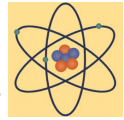
Figure 4 Trajectoire des radiations dans un champ magnétique⁵



On peut observer ici que le rayon β^- subit une déviation opposée à celle du rayon α . En effet, ces deux particules sont de charges opposées et sont donc déviées dans des directions opposées sous l'effet d'un champ magnétique. De plus, on voit que le rayon gamma et les neutrons, n'étant pas chargés, ne sont pas déviés par le champ magnétique. Finalement, si le rayon β^+ était émis, il serait dévié comme le rayon alpha, mais selon un rayon de courbure différent.

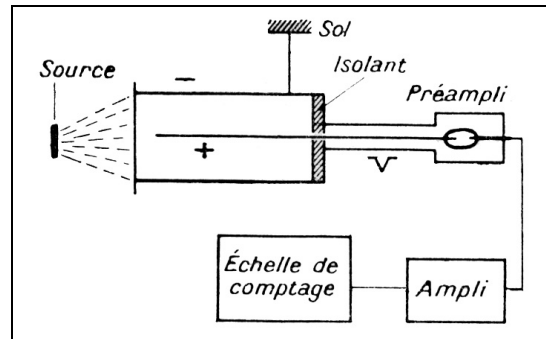
⁴ Marc Lefort, *Les radiations nucléaires*, p. 78.

⁵ Harris Benson, *op. cit.*, p. 255.



Voici maintenant le fonctionnement du compteur de Geiger, un des instruments de détection les plus utilisés.

Figure 5 Schéma d'un compteur de Geiger⁶



C'est un tube métallique qui est traversé par un fil de métal. À l'intérieur du tube, il y a un gaz à faible pression. Lorsqu'on applique une différence de potentiel entre le tube chargé négativement et le fil chargé positivement, il se crée un champ électrique qui va du fil au rebord du tube. Ce champ attire les charges négatives vers la tige métallique et les charges positives vers le bord du tube. Ces particules sont alors détectées à l'aide d'un amplificateur et d'un compteur.

Réactions nucléaires

La fission

Lorsqu'un neutron entre en collision avec un noyau très lourd comme l'uranium, ce noyau se scinde en deux ou trois fragments plus petits et il y a émission de deux ou trois neutrons. C'est ce qu'on appelle la fission nucléaire. Dans ce processus, les neutrons émis iront à leur tour provoquer la fission d'autres atomes et provoqueront ainsi une réaction en chaîne. Chaque nouvelle étape de fission porte le nom de génération.

⁶ Marc Lefort, *op. cit.*, p. 72.

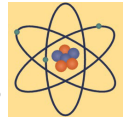
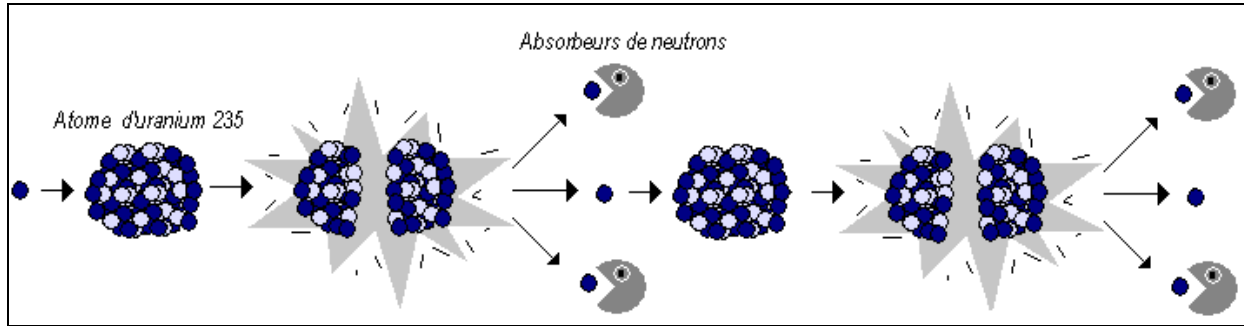
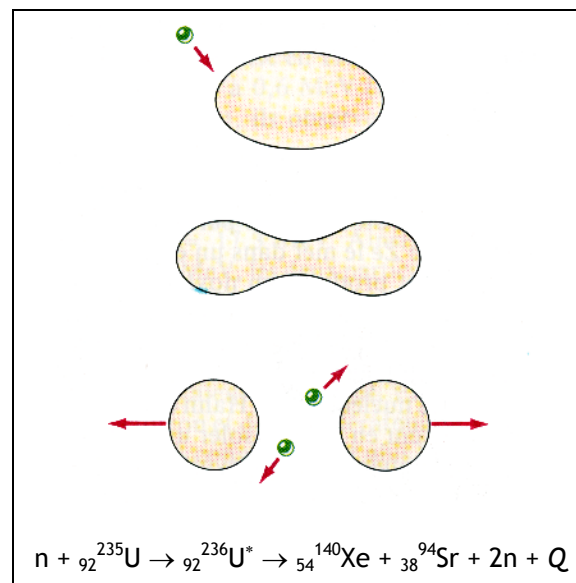


Figure 6 Fission d'un noyau d'uranium et réaction en chaîne⁷



À l'intérieur d'un noyau, les nucléons se déplacent librement et de façon aléatoire. Cependant, à la surface du noyau, ces mêmes nucléons subissent une force nette dirigée vers l'intérieur. Lorsqu'un noyau d'uranium 235 absorbe un neutron, il y a alors formation d'un noyau instable, l'uranium 236. Ce noyau, dans un état excité, possède une très courte durée de vie ($\approx 10^{-14}$ s). L'excédent d'énergie présent alors dans le noyau lui fait subir de fortes oscillations et le déforme. La force coulombienne de répulsion tend alors à donner au noyau la forme d'un haltère. La répulsion électrique devient alors supérieure à la force nucléaire et il y a fission du noyau. Ces événements peuvent se schématiser ainsi :

Figure 7 Formation d'un noyau instable et fission nucléaire



« Les produits de fission primaires, à la différence des neutrons retardés (qui proviennent des produits de fission secondaires des réactions subséquentes), ont un excédent de neutrons et libèrent donc en

⁷ Tirée du site du Commissariat à l'énergie atomique de France, URL : <http://www.cea.fr/Fiches/Reacteur/Reac.htm>.

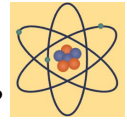
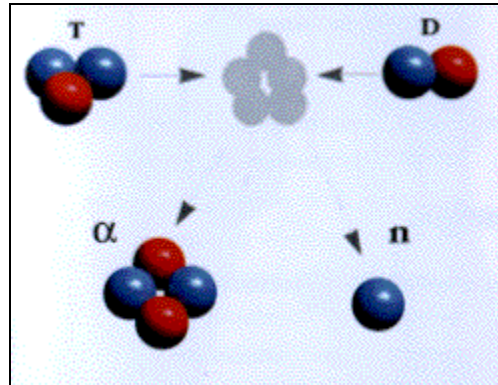


Figure 8 Fusion de noyaux de deutérium et de tritium¹⁰



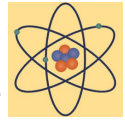
Pour fournir l'énergie cinétique permettant le rapprochement des deux noyaux, trois critères doivent être vérifiés. Tout d'abord, la température doit être supérieure à 10^8 K. En effet, lorsque la température est suffisamment élevée, les atomes perdent leurs électrons périphériques et on obtient alors un gaz complètement ionisé qu'on nomme plasma. Cet état de la matière permet le rapprochement des atomes et il leur devient ainsi plus facile de surmonter leur répulsion électrique.

Deuxièmement, il est important de retrouver un très grand nombre de particules. Lorsqu'on augmente la densité de celles-ci, la probabilité qu'il y ait collision devient plus élevée et on permet ainsi un meilleur taux de réaction. En troisième lieu, les particules doivent rester proches suffisamment longtemps pour permettre à la réaction d'avoir lieu. C'est ce qu'on appelle la durée de confinement.

Ce type d'énergie nucléaire est encore assez mal maîtrisé. C'est pourquoi elle n'est pas encore utilisée couramment dans des centrales à fusion. Il existe quelques réacteurs expérimentaux qui permettent d'apprendre à mieux contrôler la fusion nucléaire afin d'éventuellement pouvoir l'utiliser pour produire de l'électricité.

En terminant, si l'on compare les rendements énergétiques de la fission et de la fusion nucléaire, on s'aperçoit que l'énergie libérée dans une réaction de fusion est supérieure à celle libérée dans une réaction de fission par unité de masse. C'est pourquoi les étoiles tirent leur énergie de la fusion nucléaire plutôt que de la fission, mais aussi parce que les noyaux légers sont plus abondants que les noyaux lourds. La fusion nucléaire présente donc un très bon potentiel pour produire de l'électricité de manière plus efficace.

¹⁰ Tirée du site *Voyages au centre de l'atome*, URL : <http://www.cpt.univ-mrs.fr/expocpt/energie.htm>.



Effets biologiques des radiations

Sur l'être humain

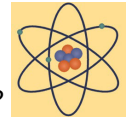
Lorsque des radiations traversent des matériaux vivants, elles dissipent une partie de leur énergie dans les tissus et les cellules. Cette énergie n'est pas dispersée partout et continuellement : elle est libérée en quantité définie. C'est cette concentration de l'énergie en un point précis qui peut devenir fort dangereuse. Les « doses » sont les quantités de radiations absorbées et elles se mesurent en rem. La dose limite admissible pour l'ensemble de la population a été fixée à 0,17 rem/an. Mais celle-ci comprend toutes les formes de radiations reçues (naturelles et artificielles). Selon la quantité de radiations reçues dépassant 0,17 rem et le temps sur lequel s'échelonne cette dose, nous pouvons assister à différents effets biologiques.

Tout d'abord, il peut y avoir mutations de cellules somatiques produisant un cancer. Ce dernier se produit lorsqu'une cellule cesse d'obéir au contrôle de l'organisme et se multiplie sans limite, formant une ou plusieurs masses indésirables. L'événement qui dérègle la première cellule est une modification dans ses éléments génétiques (une mutation). Comme cette mutation porte sur une cellule de l'individu, celui-ci est habité par une colonie de cellules se multipliant sans limite, toutes identiques, toutes cancéreuses : une tumeur maligne se développe.

La mutation de ces cellules se fait par la pénétration de rayonnements alpha, bêta ou gamma à l'intérieur de l'organisme. Les rayons alpha sont les moins pénétrants. Ainsi, ils peuvent à peine traverser la couche de cellules mortes qui recouvrent la peau pour atteindre les cellules vivantes. Cependant, ils peuvent se faufiler par des fissures microscopiques. Dans ce cas, ils atteindront les cellules vivantes et libéreront toute leur énergie sur cette courte distance. Cette énergie entraîne la destruction du noyau cellulaire et elle peut également causer des mutations qui pourront dégénérer en cancer. Il en est de même pour les rayons bêta et gamma qui, eux, pénètrent dans l'organisme encore plus facilement. En effet, les rayons bêta sont environ 100 fois plus pénétrants que les rayons alpha et les rayons gamma peuvent aller jusqu'à irradier tout le corps.

Selon la dose de radiations reçue par un individu, il devient possible de déduire les effets biologiques qui apparaîtront. Tout d'abord, si l'on applique une dose entre 25 et 250 rem, les constituants du sang seront les premiers affectés. En effet, comme les cellules se reproduisant le plus rapidement sont les premières atteintes, c'est le système formateur du sang qui sera le premier touché. Ainsi, nous observerons une diminution du nombre de globules blancs et des plaquettes sanguines. Il y a également un risque de leucémie et d'apparition de troubles digestifs.

Lorsqu'on augmente la dose de 250 à 400 rem, nous pourrions constater la chute des poils sur la peau, la formation d'érythèmes, l'altération des empreintes digitales ainsi que l'apparition possible de cancers cutanés. Évidemment, il y aura encore modification de la formule sanguine en plus des nausées et des vomissements.



Finalement, lorsqu'on atteint 600 rem et plus, des troubles sanguins et digestifs graves apparaîtront, mais il y aura surtout un risque de perforation intestinale puisque les cellules des villosités ne se régénèrent plus. À ce moment, les bactéries pourront pénétrer dans le système sanguin et le sang pénétrera à son tour dans le tube digestif. En général, la mort survient dans les 15 jours suivants l'irradiation.

Les organes internes comme la moelle osseuse, le sang, le foie, la rate, les reins et la glande thyroïde peuvent également être atteints lorsqu'il y a ingestion de produits radioactifs. Si ceux-ci ne sont pas solubles, ils seront éliminés facilement par l'organisme. Mais dans le cas contraire, ils seront absorbés et causeront la destruction des cellules. Il en est de même des produits inhalés qui iront se fixer sur les poumons.

Il est également possible d'observer des mutations de cellules germinales (spermatozoïdes et ovules) modifiant les générations futures. Parfois, plusieurs éléments du code génétique peuvent être mélangés : la séquence des bases de l'ADN contenues dans les chromosomes des cellules germinales est alors modifiée. Dans ce cas, le chromosome peut contenir une « erreur » qui sera transmise à toutes les cellules-filles. Lorsqu'il s'agit d'un chromosome appartenant à une cellule germinale, toutes les cellules de l'embryon répéteront l'erreur. Ces mutations peuvent donc être transmises aux descendants.

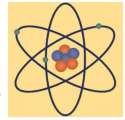
De plus, si une femme reçoit une certaine dose de radiations durant sa grossesse, le fœtus pourra être affecté gravement. La période la plus sensible se situe durant les 10 premiers jours de la grossesse.

Finalement, il peut y avoir mort immédiate par irradiation. Les causes sont encore mal connues, mais on croit qu'il s'agirait d'un effet plus ou moins direct sur le cerveau et sur le système nerveux central. En général, la mort aura lieu durant les jours suivant l'irradiation. Dans ce cas, il s'agit généralement d'une mort par lésions intestinales ou par action sur le sang.

Sur l'environnement

Les animaux et les végétaux, tout comme les êtres humains, peuvent être affectés par les radiations. Ils absorberont certaines doses qui seront entreposées dans leur organisme. Le danger réside surtout dans le fait qu'il risque d'y avoir accumulation de ces doses par l'intermédiaire de la chaîne alimentaire. L'homme étant le dernier maillon de cette chaîne, il risque d'en être le plus gravement touché.

Ainsi, les radiations peuvent occasionner des effets néfastes sur l'environnement. Mais ce dernier peut également avoir un effet sur les radiations. Le vent, les courants marins et la migration des animaux permettent la dispersion des effluents radioactifs. Ceux-ci deviennent alors incontrôlables pour préserver le bien-être de l'homme.

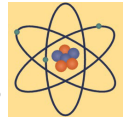


Conclusion

Tout au long de ce texte, nous sommes parvenus à mieux comprendre ce que sont les radiations nucléaires, quelles réactions nucléaires en sont l'origine et quelle est la portée de leurs effets biologiques. Nous savons donc que les radiations sont des émissions de particules alpha ou bêta, des rayons gamma et des émissions de neutrons. Chacune de ces émissions tend à transformer un atome radioactif instable en un atome plus stable. Au cours de chaque émission, il y a de l'énergie qui est libérée et c'est cette énergie qui peut être utilisée dans les centrales nucléaires.

Les radiations peuvent entraîner divers effets biologiques néfastes. Selon la quantité de radiations reçues et le temps d'exposition, il peut y avoir mutation des cellules somatiques produisant un cancer, mutation des cellules germinales modifiant les générations futures, effets sur l'embryon ou le fœtus pendant la grossesse ou mort immédiate par irradiation. Bien sûr ce ne sont là que quelques exemples de troubles. Il y a des effets sur l'environnement qui influencent indirectement l'activité humaine. Il y a beaucoup d'effets néfastes, c'est vrai, mais il ne faudrait surtout pas oublier les quelques effets bénéfiques. La médecine se sert des radiations dans au moins deux domaines différents. Tout d'abord, il y a des isotopes radioactifs qui sont administrés à des patients dans le but, par exemple, de détecter un cancer. C'est la médecine nucléaire. Finalement, il y a la radiothérapie qui utilise les radiations pour traiter certaines maladies.

On voit donc que la médecine utilise à bien les radiations nucléaires. Mais les centrales nucléaires qui produisent de l'électricité devraient-elles fonctionner même si on n'a pas encore trouvé un moyen sûr de mieux contrôler toutes les réactions qui sont à risque?



Bibliographie

AUGER, André, et Carol OUELLET (1989). *Vibrations, ondes, optique et physique moderne*, Sainte-Foy, Éditions du renouveau pédagogique, Inc., 124 p.

BENSON, Harris, *et al.* (1991). *Physique III : Ondes, optique et physique moderne*, Sainte-Foy, Éditions du renouveau pédagogique, Inc., 251 p.

DAVIDSON, John (1988). *Radiations : leur nature, leurs effets, comment s'en protéger*, Genève, Georg, 148 p.

HALL, J. Éric (1980). *Vivre avec les rayonnements*, Paris, Eyrolles, 121 p.

LEFORT, Marc (1963). *Les radiations nucléaires*, Paris, Presses universitaires de France, 124 p.



© Chaire CRSNG/Alean pour les femmes en sciences et génie au Québec

Vous avez le droit de reproduire et de distribuer ce document à des fins strictement éducatives.
Il ne doit cependant pas être intégré à un recueil de textes ou d'exercices ou utilisé à des fins lucratives.