INIS-FR--038

FR9900696

REÇU LE
11. DEC. 1996
DIST/SCIBD

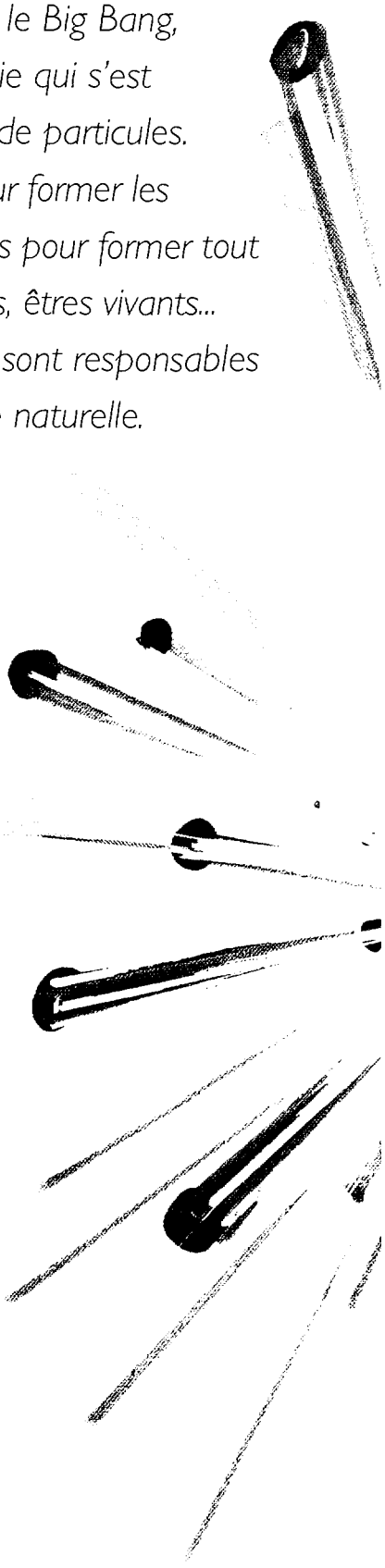
Voyage au cœur de la radioactivité

30-14 R

ANDRA

D'OÙ VIENT LA RADIOACTIVITÉ NATURELLE ?

C'est un phénomène naturel très ancien. Il est même vieux comme le monde. Il y a 15 milliards d'années, une gigantesque explosion, le Big Bang, a libéré une quantité énorme d'énergie qui s'est transformée en milliards de milliards de particules. Ces particules se sont assemblées pour former les atomes et ces atomes se sont associés pour former tout ce qui nous entoure : planètes, plantes, êtres vivants... Certains comportements des atomes sont responsables de la radioactivité, que l'on qualifie de naturelle.



'est l'intuition d'un scientifique français, Henri Becquerel, qui a permis de découvrir que certains minerais émettent un rayonnement naturel.
La découverte de la structure de l'atome surviendra quelques années plus tard, grâce à des scientifiques qui montreront que ce rayonnement naturel provient de la partie centrale de l'atome, que l'on appelle le "noyau".

2 D'OÙ VIENT LA RADIOACTIVITÉ NATURELLE ?

4 QU'EST-CE QU'UN ATOME ?

6 QU'EST-CE QUE LA RADIOACTIVITÉ ?

8 POURQUOI LA RADIOACTIVITÉ DIMINUE-T-ELLE ?

10 COMMENT MESURER LA RADIOACTIVITÉ ET COMMENT S'EN PROTÉGER ?

12 LES RAYONNEMENTS SONT-ILS UTILES ?

14 LES UTILISATIONS DES RAYONNEMENTS

Je n'étais pas très chaude à l'idée de ce voyage au cœur de la radioactivité. Moi, l'inconnu, je me méfie. C'est l'abricot et l'orange qui ont insisté.

Dans le panier qui nous emmenait, notre guide, une grosse légume de l'atome, a commencé à nous expliquer la radioactivité naturelle.

- *C'est une radio FM qui joue Tutti Frutti toute la journée !* a lancé l'ananas.

Le guide a eu un sourire timide. Il nous a parlé du Big Bang, puis des atomes, des neutrons, des protons et des électrons.

- *Y'a l'téléfon qui son !* a chanté la banane qui vient de s'amouracher d'un rocker.

Le guide a fait semblant de rire, puis il a ajouté :

- *L'atome est la plus petite partie de la matière.*

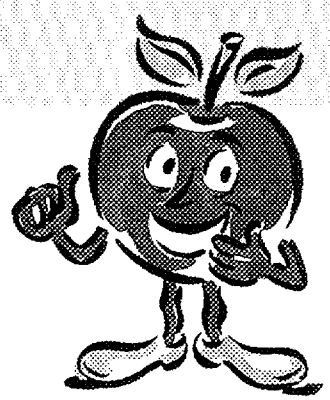
- *Plus petite que le cerveau de la prune ?* a demandé le raisin.

- *Tais-toi, sac à vin !* a répliqué la prune.

- *Euh... Donc... Je disais... Les protons... Euh, non...,* a bégayé le guide qui commençait à transpirer légèrement.

- *Dites donc, mon vieux,* est intervenu le melon, *et si vous nous parliez un peu de l'atome ?*

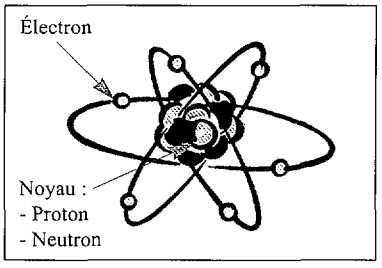
- *Bêêê...,* a fait le citron qui croyait qu'on parlait de la tomme de chèvre.



QU'EST-CE QU'UN ATOME ?

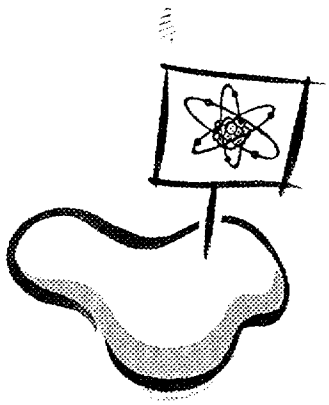
Un atome est composé de 3 types de particules : les protons et les neutrons qui forment le noyau, les électrons qui gravitent autour. Protons et neutrons sont des particules extrêmement petites et sensiblement de même masse. Les électrons sont encore plus petits et 2000 fois plus légers. Dans chaque atome, il y a autant d'électrons que de protons. Mais ce nombre varie d'un atome à l'autre. Il existe 92 familles d'atomes dans la nature et 17 créées artificiellement par l'homme. Les atomes d'une même famille peuvent comporter un nombre différent de neutrons. On les appelle les isotopes. Ainsi, dans la famille Oxygène, il existe 3 "frères" qui possèdent 8, 9 ou 10 neutrons. Les 92 familles comptent 325 membres, c'est-à-dire 325 isotopes naturels, ou encore 325 types d'atomes. Les atomes se combinent entre eux pour constituer n'importe quel type de matière.

our différencier les atomes, on attribue à chaque famille un numéro atomique qui correspond au nombre de protons qu'elle possède. On classe les éléments horizontalement par numéro atomique croissant. Verticalement, on retrouve les éléments qui ont des propriétés chimiques analogues.
Cette classification, la Table de Mendeleïev, a reçu le nom du chimiste russe qui la réalisa en 1869.



Les grandes dates de l'atome

1911 : Ernest Rutherford, physicien anglais, découvre que l'atome comporte un noyau très petit. L'année suivante, il démontre que tous les noyaux comportent une particule qu'il baptise "proton", en grec "le premier".



1912 : Ernest Rutherford et le danois Niels Bohr décrivent l'atome comme un noyau entouré de particules, les électrons.

1930-1932 : après les travaux menés par l'allemand Walter Bothe, les français Irène et Frédéric Joliot-Curie, l'anglais James Chadwick établit la présence du neutron en 1934.

- *Qu'est-ce qu'un atome...*, a murmuré le guide en s'épongeant le front.

Il nous a parlé des électrons qui gravitent autour du noyau.

- *Si je chope un électron qui gravite autour de ma femme, il va avoir des pépins !* a prévenu le brugnon.

Tout le monde a ri, sauf le guide.

- *Le nombre de protons, et donc d'électrons n'est pas identique d'un atome à l'autre. Ainsi, l'hydrogène, le plus léger des gaz, est constitué d'1 proton et d'1 électron. L'oxygène, lui, en compte 8 tandis que le fer en comporte 26...*

- *Et la cerise, c'est juste un noyau avec rien autour !* a ricané la quetsche.

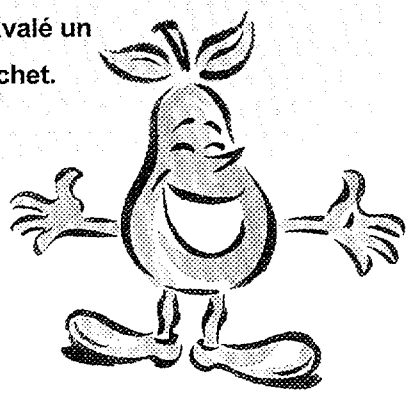
- *Tu sais ce qu'elles te disent, les cerises ?* ont répliqué celles-ci qui étaient toutes assises au fond du panier.

Le guide a avalé un petit cachet blanc avec un verre d'eau.

- *Quand les atomes se combinent entre eux, ils peuvent constituer n'importe quel type de matière. Par exemple, un atome d'oxygène se combine avec deux atomes d'hydrogène pour donner naissance à une molécule d'eau.*

- *Et pour donner naissance à un bon pastis, vous avez une combine ?* s'est enquis le muscat d'une voix passablement éméchée.

Le guide a avalé un nouveau cachet.



QU'EST-CE QUE LA RADIOACTIVITÉ ?

C'est un atome qui libère de l'énergie sous forme de rayonnements. Certains atomes sont instables car les neutrons et les protons qui composent leur noyau ne parviennent pas à trouver un équilibre. Ces atomes instables cherchent à devenir stables. Pour cela, l'atome instable doit libérer une ou plusieurs particules. On dit qu'il se désintègre. En se désintégrant, il libère de l'énergie sous forme de rayonnements. C'est le phénomène de la radioactivité.

Il existe 3 types de rayonnements : alpha, quand l'atome expulse 2 protons et 2 neutrons ; bêta, quand il expulse 1 électron ; gamma, lorsqu'il émet une onde, de même nature que les rayons du soleil par exemple.

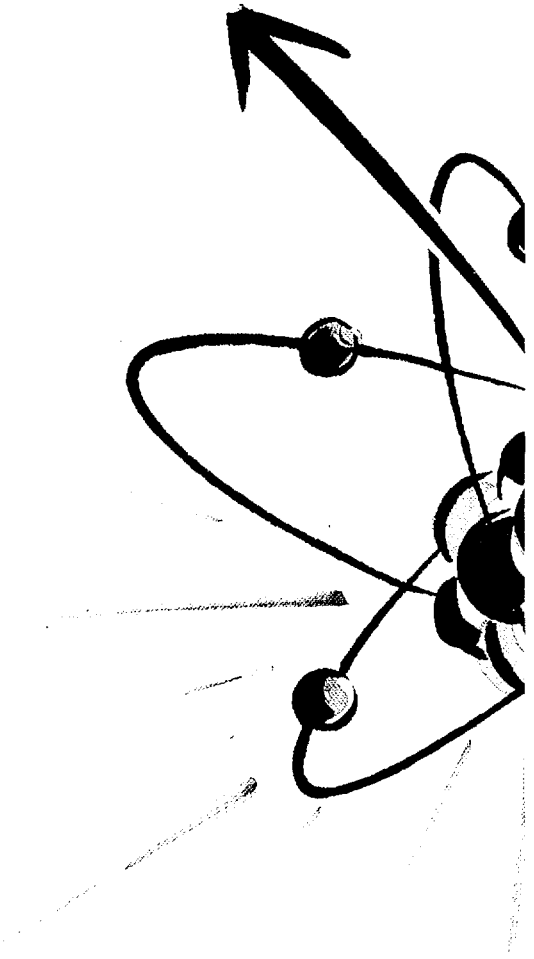
Sur les 325 types d'atomes, 274 sont stables et 51 sont instables, donc radioactifs.

La découverte de la radioactivité naturelle

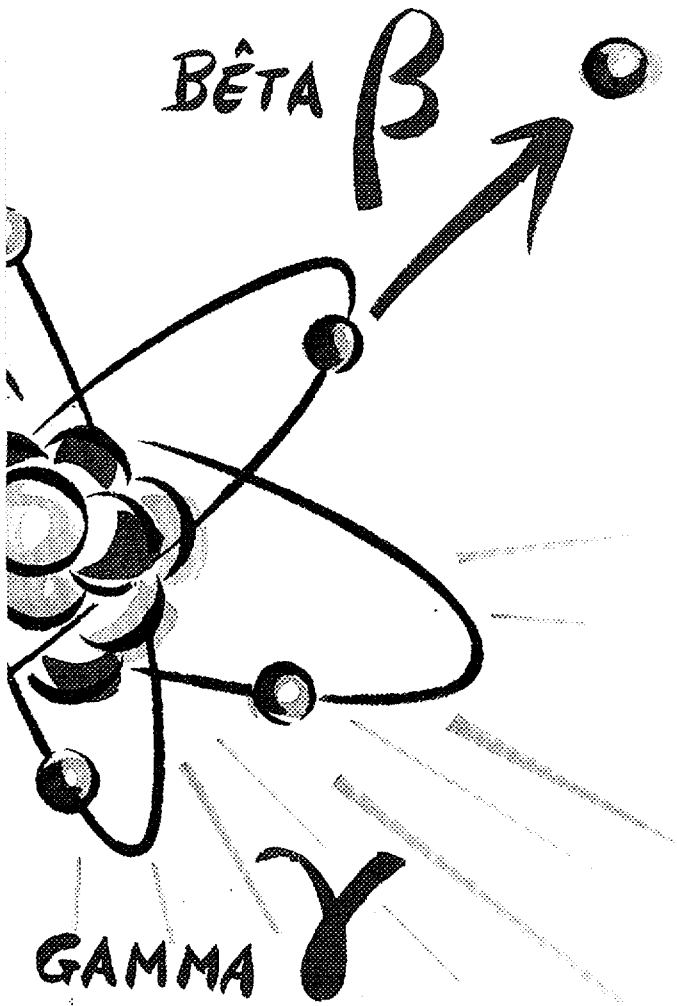
n février 1896, au Muséum d'Histoire Naturelle à Paris, Henri Becquerel mène des expériences pour vérifier si les sels d'uranium, comme le phosphore, après avoir été exposés aux rayons du soleil, peuvent émettre à leur tour de la lumière. Il utilise pour son expérience un épais emballage noir, contenant une plaque photographique, sur lequel il pose une pièce de monnaie qu'il recouvre avec des sels d'uranium. Il place l'ensemble au soleil sur le rebord d'une fenêtre. Le lendemain, en développant la plaque photographique, il constate la présence d'une trace. Les sels d'uranium ont émis des rayonnements.

Le mercredi 26 février, Henri Becquerel décide de rééditer l'expérience. Il prépare le matériel. Ce jour-là, le soleil ne se montre pas. Il range donc sa plaque photographique et ses sels d'uranium dans un tiroir, en pleine obscurité.

Henri Becquerel.



Quelques jours plus tard, le 1er mars, le soleil brille de nouveau. Henri Becquerel retourne au Muséum pour renouveler l'expérience.
Saisi d'une intuition, il développe la plaque photographique laissée dans le tiroir. Il découvre que les sels d'uranium, en l'absence de toute lumière, ont à nouveau impressionné la plaque. Il vient de découvrir un phénomène : l'uranium a la propriété d'émettre un rayonnement sans l'intervention d'aucune lumière. Henri Becquerel le baptise "rayon uranique" : ce sera le premier nom de la radioactivité naturelle.



Je m'étais assis au fond du panier pour laisser les places de devant aux dames, mais une bande de jeunes cerises n'arrêtait pas de faire les folles, aussi me suis-je rapproché de l'avant pour mieux écouter le guide.
Un brave type, ce guide, bien qu'un peu mou à mon avis. Maîtrisant son sujet, mais incapable de se faire respecter. Il était en train de nous expliquer comment certains atomes instables deviennent stables :

- *Par exemple, le carbone 14 se transforme en azote 14 et devient stable en expulsant seulement 1 électron, alors que l'uranium 238, lui, doit subir plusieurs transformations avant d'aboutir à un atome stable.*

- *C'est comme la pêche !* a ricané la quetsche, qui a une langue de vipère. *Elle a subi 5 opérations pour avoir cette peau de velours !*

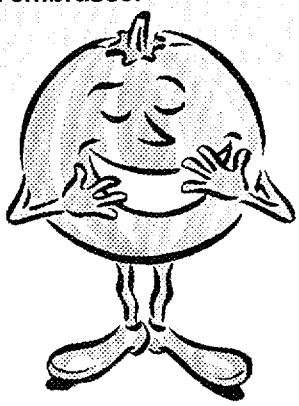
- *C'est faux !* a gémi la pêche tandis qu'une larme coulait sur sa joue.

Le guide a soupiré, puis il a accroché mon regard et j'ai senti qu'il reprenait espoir.

- *L'uranium 238 doit subir 14 transformations successives avant d'aboutir au plomb 206 qui est un atome stable.*

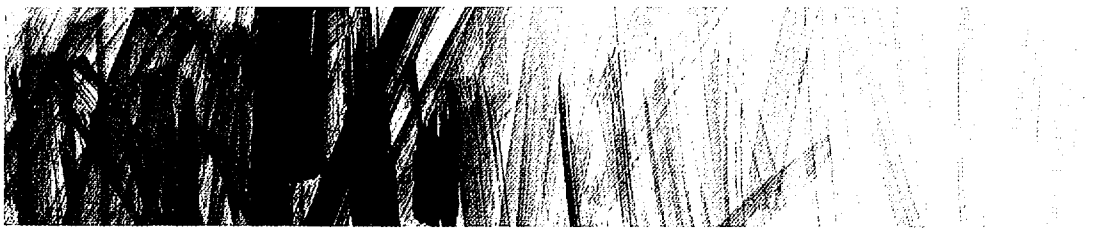
- *Mais alors,* ai-je demandé, *à chaque transformation, qu'est-ce que devient la radioactivité des atomes ?*

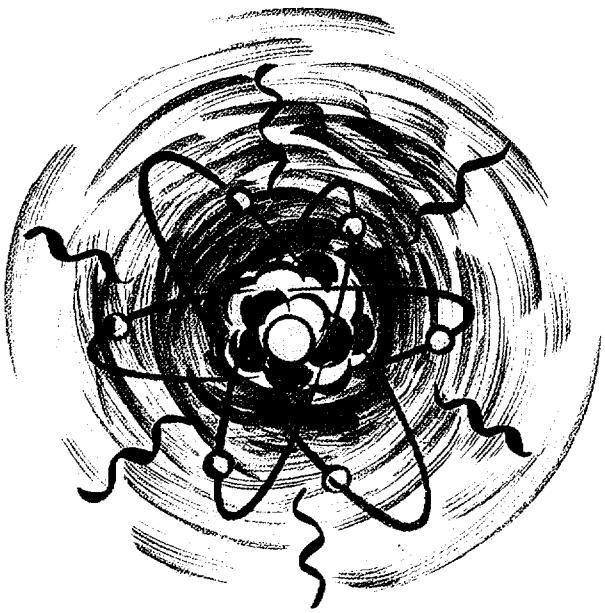
Ma question a semblé rendre le guide fou de joie. Pour un peu, je crois qu'il m'aurait embrassé. Entre hommes !

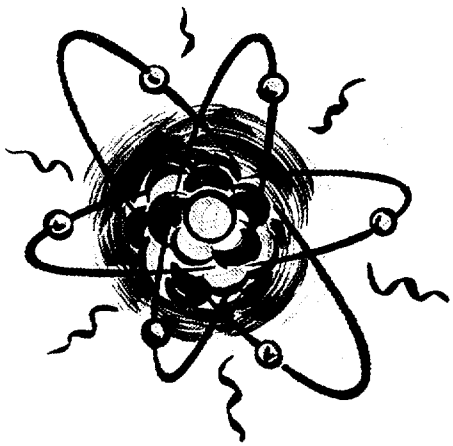


POURQUOI LA RADIOACTIVITÉ DIMINUE-T-ELLE ?

La radioactivité diminue avec le temps. Mais un temps plus ou moins long selon les atomes et qui dépasse parfois celui d'une existence humaine. A mesure qu'un atome se désintègre, sa radioactivité disparaît puisqu'il se transforme en atome stable, donc non radioactif. Deux chercheurs, Rutherford et Soddy, ont établi qu'une substance radioactive perd la moitié de sa radioactivité, c'est-à-dire que la moitié des atomes de la substance se sont désintégrés, sur une durée de temps qui lui est propre. Cette durée est appelée "période radioactive". Elle varie d'un atome à l'autre.

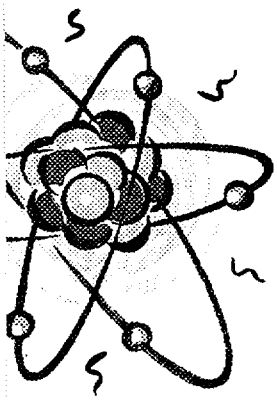


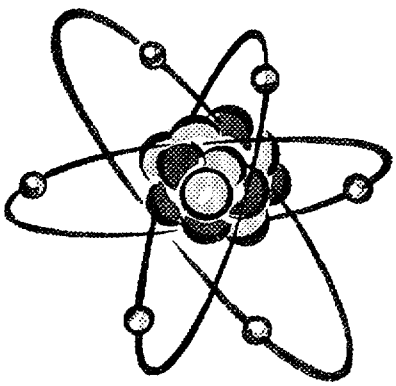




n 1898, Pierre et Marie Curie travaillent sur les résultats obtenus par Henri Becquerel deux ans auparavant. Ils découvrent que d'autres minerais, notamment le polonium et le radium, produisent spontanément, eux aussi, de l'énergie sous forme de rayonnements. Ils baptisent ce phénomène "la radioactivité". Cette découverte, ainsi que celle du radium et du polonium, vaudront à Henri Becquerel et au couple Curie le Prix Nobel de Physique en 1903. Cette même année, les anglais Rutherford et Soddy expliquent le mécanisme de la radioactivité par la transformation spontanée d'un atome en un nouvel atome.

Pierre et Marie Curie.





Avec les copines, on s'est installées au fond et on s'est mises à chanter. *"Le temps des cerises"*... *"Cherry Oh !"*... Etc...

Devant, le guide parlait d'atomes qui se désintègrent, de radioactivité qui diminue. Entre deux chansons, on l'a entendu qui racontait à ceux de devant :

- La durée nécessaire à un atome pour perdre sa radioactivité varie selon les atomes.

Par exemple, le polonium 212 perd la moitié de sa radioactivité en une fraction de seconde, alors que le tritium perd la sienne en 12,6 ans. Autre exemple : le carbone 14 perd la moitié de sa radioactivité en 5.730 années. Il lui faudra la même durée pour perdre la moitié de celle qui reste. L'uranium 238, lui, perd la moitié de la sienne au bout de 4,5 milliards d'années...

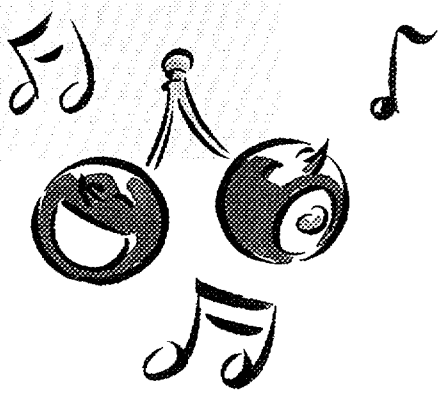
- Il doit pas être beau à voir ! a remarqué Josiane, ma meilleure copine.

- Il doit ressembler à un fruit sec ! s'est esclaffée Maryse, sa voisine. *A un vieil abricot ou à une vieille banane !*

La banane s'est levée.

- Hé, les idiotes, au fond ! Si vous ne vous taisez pas, je vous transforme en gelée !

On s'est toutes mises à chanter *"Banana Split"* pour lui montrer qu'elle ne nous faisait pas peur !



COMMENT MESURER LA RADIOACTIVITÉ ET COMMENT S'EN PROTÉGER ?

La radioactivité est un phénomène dangereux pour l'homme si la quantité de rayonnements reçus en peu de temps est trop élevée.

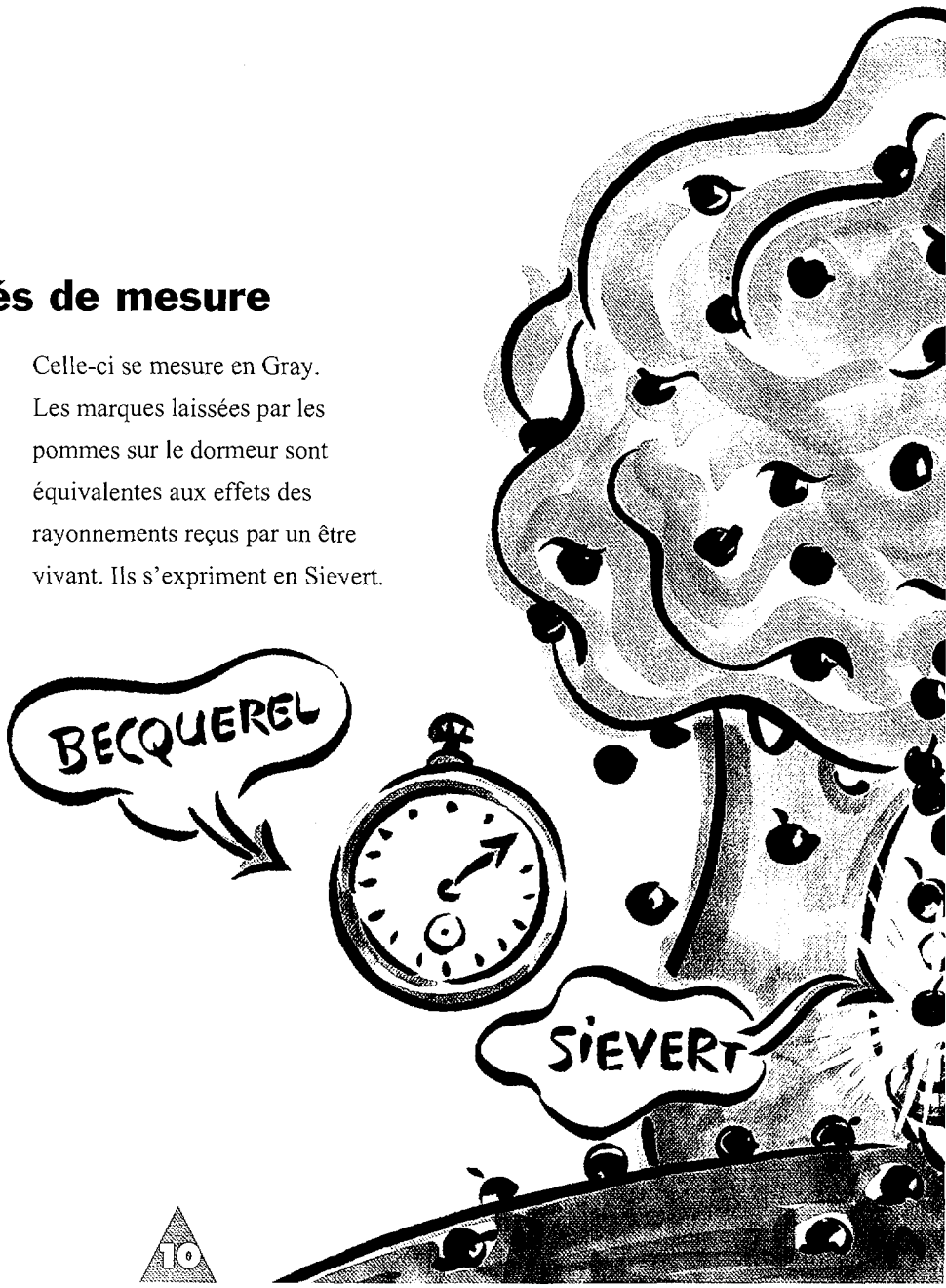
Les moyens de s'en protéger existent. Si une feuille de papier arrête les rayons alpha et une vitre les rayons bêta, il faut plusieurs dizaines de centimètres de béton pour se protéger des rayons gamma.

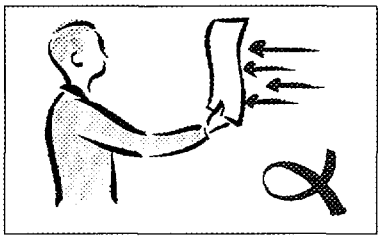
L'air constitue également un écran. En s'éloignant de la source radioactive ou en diminuant le temps d'exposition, on réduit la quantité de rayonnements reçus.

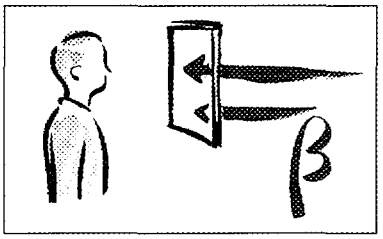
Il est bien sûr possible de détecter la radioactivité, de déterminer sa nature et de mesurer son intensité avec précision grâce à divers appareils.

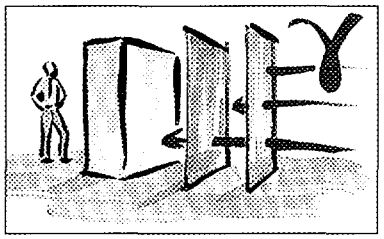
Les unités de mesure

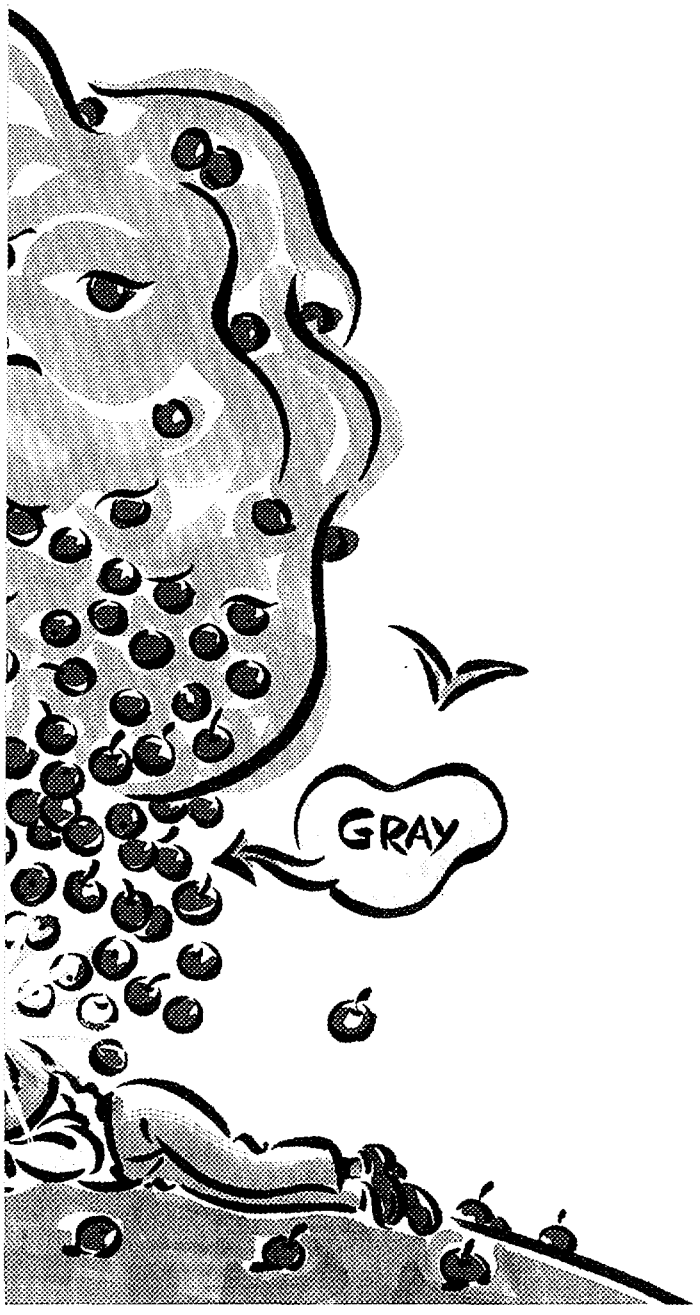
n homme dort au pied d'un pommier chargé de pommes : cette scène bucolique va nous aider à expliquer la radioactivité. Assimilons ce pommier à une source radioactive. Chaque seconde, un certain nombre de pommes va tomber de l'arbre. On mesure le nombre de pommes qui tombe en Becquerel. Cela correspond au nombre de désintégrations par seconde des atomes radioactifs. On parle de "l'activité" d'une source radioactive. La quantité de pommes et la vitesse, donc l'énergie, à laquelle elles tombent sur le dormeur correspondent à la dose de rayonnements absorbée par le dormeur. Celle-ci se mesure en Gray. Les marques laissées par les pommes sur le dormeur sont équivalentes aux effets des rayonnements reçus par un être vivant. Ils s'expriment en Sievert.









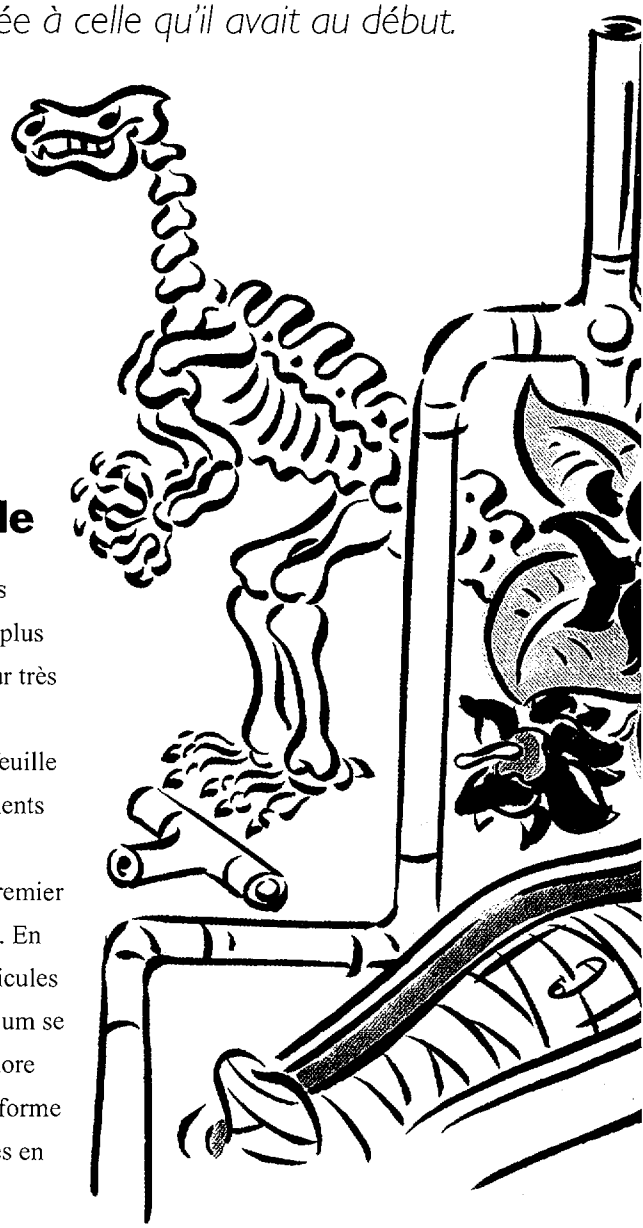


C'est la dernière fois que je pars en voyage avec les cerises !
Je sais qu'elles sont plus sottes que méchantes, mais à quoi bon faire un tel voyage si vous ne vous intéressez pas à ce que raconte le guide ?
Franchement, sans être aussi tranchée que le melon, j'ai une opinion claire là-dessus.
On apprend des choses passionnantes dans ces voyages.
Ainsi, l'activité d'une source radioactive se mesure en "Becquerel", du nom du savant qui l'a découverte.
L'énergie du rayonnement, elle, se mesure en "Gray" et les effets des rayonnements en "Sievert".
Ça peut vous paraître inutile, mais pour une banane qui n'a pas eu les moyens d'aller à l'université, tout savoir est appréciable.
Bien sûr, dès que le guide a parlé de la manière de se protéger des rayons bêta, les cerises ont remis ça.

- Pour ce qui est d'être bêta, l'abricot en connaît un rayon ! s'est esclaffée Monique, la plus délurée.
Malgré moi, je n'ai pas pu m'empêcher de sourire.

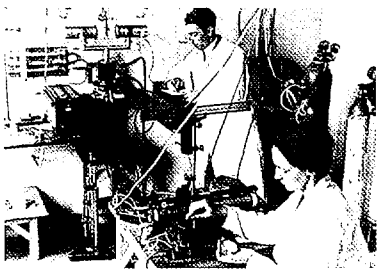
LES RAYONNEMENTS SONT-ILS UTILES ?

La matière agit sur les rayonnements. Elle les absorbe, ce qui explique que l'on puisse s'en protéger par des écrans. Les rayonnements possèdent également des propriétés fondamentales. D'abord, ils sont capables d'agir sur la matière. Au contact de la matière, ils vont modifier ses propriétés physico-chimiques et permettre, par exemple, de soigner certaines maladies.
Ensuite, les rayonnements sont détectables et mesurables. Ils peuvent donc transmettre des informations sur les tissus vivants et la matière inerte. Comme on baguerait un oiseau pour suivre ses migrations.
Enfin, le temps que met chaque atome pour perdre sa radioactivité est connu et ne varie pas. Il permet, par exemple, de dater n'importe quel objet en mesurant la radioactivité qui lui reste comparée à celle qu'il avait au début.
Ces 3 propriétés ont permis d'utiliser les rayonnements dans bien des domaines.



La découverte de la radioactivité artificielle

En 1934, Irène et Frédéric Joliot-Curie découvrent la radioactivité artificielle : ils provoquent des modifications de structure d'atomes non radioactifs et les rendent radioactifs.
Ils réussissent ainsi à recréer, pour la première fois, des atomes radioactifs qui n'existaient plus dans la nature du fait de leur très courte période radioactive.
C'est en projetant sur une feuille d'aluminium des rayonnements alpha qu'Irène et Frédéric Joliot-Curie ont recréé le premier élément radioactif artificiel. En effet, sous l'action des particules alpha, les atomes d'aluminium se sont transformés en phosphore radioactif. Celui-ci se transforme au bout de quelques minutes en silicium stable.



Irène et Frédéric Joliot-Curie.

Cette découverte leur a valu le Prix Nobel de Chimie en 1935. Depuis, on a appris à fabriquer de nombreux autres types d'éléments radioactifs car les rayonnements constituent un outil précieux dans de nombreux domaines : recherche, médecine, industrie.

Quoi qu'en disent certains, je ne suis pas du genre à la ramener. Mais trop, c'est trop !

Le guide parlait des propriétés fondamentales de la radioactivité et il disait notamment :

- *On peut mesurer la différence entre la radioactivité initiale d'un élément et la radioactivité qui lui reste. Ceci permet de le dater avec précision.*

- *Chic !* s'est exclamée Rolande, une griotte qui n'est plus toute jeune pourtant. *On va pouvoir connaître l'âge de la fraise !*

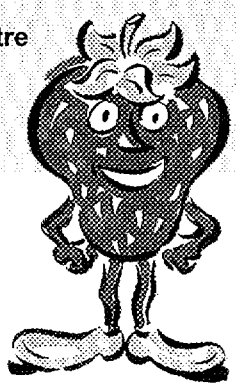
Dans le panier, tout le monde a ri. Le melon lui-même a souri et je ne suis pas certaine que le guide ne l'a pas imité. Trop content que les cerises cessent de s'en prendre à lui, sans doute !

Je n'ai jamais fait mystère de mon âge, mais je suis devenue toute rouge !

Le guide a deviné mon embarras et il a enchaîné aussitôt :

- *J'aimerais revenir sur la deuxième propriété qui permet de visualiser les déplacements et l'évolution d'une cellule en la marquant, comme on bague un oiseau...*

Très vite, les cerises se sont intéressées à autre chose.



Les utilisations des rayonnements

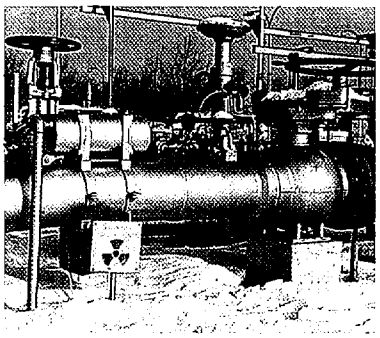
n médecine :
les rayonnements permettent tout d'abord d'établir des diagnostics médicaux.
Par exemple, en injectant une dose infinitésimale de thallium 201 radioactif, qui a la particularité de se fixer sur le cœur, on peut repérer, avec une caméra spéciale, l'état des muscles cardiaques.
C'est la scintigraphie.

Diagnostic médical par scintigraphie.

Examen cardiaque par scintigraphie.

Les rayonnements permettent également de détruire les tumeurs cancéreuses. Par ailleurs, les rayonnements bêta sont utilisés pour stériliser le matériel chirurgical.

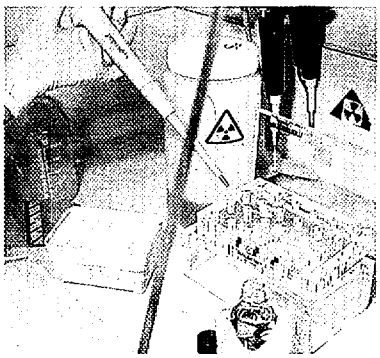
Dans l'industrie :
les rayonnements gamma sont utilisés pour vérifier la qualité des soudures ou déceler les défauts dans les matériaux.



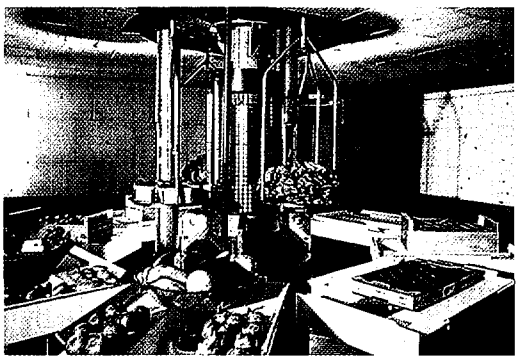
Mesure de densité des liquides : gammagraphie.

Dans les centrales nucléaires, on bombarde les atomes d'uranium avec des neutrons, ce qui produit leur fission.
En effet, sous l'impact d'un neutron, l'atome d'uranium 235 se brise en deux, libérant 2 ou 3 neutrons.
Ces neutrons vont à leur tour briser d'autres atomes, et ainsi de suite.
C'est la réaction en chaîne.
Cette réaction en chaîne fournit l'énergie nécessaire pour chauffer l'eau qui va se transformer en vapeur.
Cette vapeur est ensuite utilisée pour faire tourner une turbine et produire de l'électricité.

Dans l'agro-alimentaire :
les rayonnements permettent la conservation des aliments périssables en détruisant leurs bactéries. C'est l'ionisation agro-alimentaire.
Les rayonnements augmentent également la résistance des plantes aux maladies, favorisent leur adaptation et améliorent les rendements.
C'est la radiomutagénèse, procédé utilisé pour le riz, l'orge ou la canne à sucre par exemple.



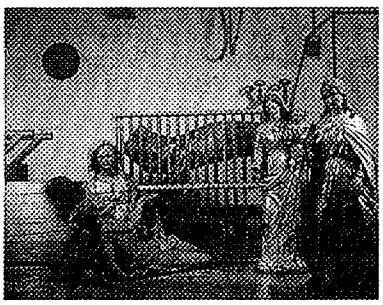
Manipulation de substances radioactives.



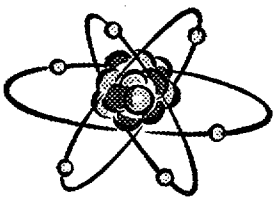
Ionisation agro-alimentaire.

En biologie :
les rayonnements sont utilisés, par exemple, pour stériliser des insectes mâles nuisibles et empêcher leur reproduction.
Ce procédé a été employé contre la mouche tsé tsé en Afrique.

Dans le domaine de l'art :
les rayonnements permettent de restaurer et de protéger des œuvres menacées. La momie de Ramsès II leur doit son éternité. Ils sont aussi utilisés pour dater avec précision les vestiges très anciens.
Notamment avec le carbone 14.



Protection des œuvres d'art.



Quand le guide a parlé de l'effet de la radioactivité sur la résistance des plantes aux maladies, là, je peux vous garantir que tout le monde a tendu l'oreille. Même les cerises, qui ont des têtes de linotte. Je me suis penché vers le melon :

- C'est vrai ce qu'il raconte ? Mon cousin a prétendu qu'un tel traitement lui avait redonné un jus incroyable !

- Il faudra que j'en parle à mon oncle, m'a répondu le melon. *Il est un peu pâle.*

- J'ai une belle-sœur un peu chétive, est intervenue l'orange qui avait écouté notre conversation. *Je vais lui conseiller de se faire traiter.*

- Ne m'en parlez pas ! a commenté la fraise. *Depuis son traitement, ma sœur a un punch incroyable !*

- Finalement, a conclu la pomme d'une voix timide, *ce voyage au cœur de la radioactivité aura été très instructif.*

- Il portera ses fruits, soyez-en sûr ! ai-je dit.

Tout le monde a ri. C'était le mot de la...

ANDRA

Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs

Direction de la Communication
Parc de la Croix Blanche
1-7, rue Jean Monnet
92298 CHÂTENAY-MALABRY Cedex
Tél. : 01 46 11 80 00

PITCH - © ANDRA - Septembre 1996 - 6 - imp. Juillet 1998 - Illustrations : Gilles de BENOIST - Crédit photos : P. DEMAIL - CEA - MUSEUM D'HISTOIRE NATURELLE