

# La radioactivité

Une initiative du Haut  
Comité National pour la  
Célébration du Centenaire  
de la Découverte de la  
Radioactivité, coproduite

par le Palais de  
découverte

Orsay

LE MINISTÈRE  
DES AFFAIRES  
ÉTRANGÈRES

Ministère de l'Éducation  
Nationale, de l'Enseignement  
Supérieur et de la Recherche  
Sciences Ressources  
(Centre de Culture  
Scientifique et Technique)

Conception et réalisation :  
Centre de Vulgarisation  
de la Connaissance  
(Orsay)



# Quand les atomes rayonnent

La radioactivité a été découverte il y a 100 ans par Henri Becquerel, Pierre et Marie Curie. Cette découverte a marqué un tournant capital dans l'évolution, non seulement de la pensée scientifique, mais de la civilisation.

Avec le soutien de : CEA, SOGEMA, EDP, FRAMATOME

ont réalisé cette exposition : Sylvie Fuhrts, Valérie Bédaride, Arnette Ehrlich, Lionel Salem, avec la collaboration de Marie-Odile Barbier-Bouquet, René Bénbow, Bernard Bouché, Anne Blanchard-Gerbe, Pascale Girard, Claire Lapeyre et Robert Fossetti.

RENSEIGNEMENTS : Tél. 01 69 07 07 28 Tél. 01 40 56 16 85 MINUTES : 3015 CENTRAD

LA DECOUVERTE

Henri Becquerel  
découvre que  
l'uranium émet  
spontanément  
des rayonnements  
invisibles.

# De la pluie et du beau temps

1896

Henri Becquerel découvre que l'uranium émet spontanément des rayonnements invisibles. Cette découverte marque le début de la physique nucléaire et de la chimie nucléaire.

© 1996 Éditions de la Pluie et du Beau Temps

## LA DECOUVERTE

Pierre et Marie Curie montrent que l'uranium n'est pas le seul élément chimique capable d'émettre des rayonnements invisibles. Ils en découvrent deux autres qu'ils baptisent *polonium* et *radium*, et inventent le terme «radioactivité».

# De la Pologne au polonium

1891 : L'université polonaise est fermée aux femmes. Marie Skłodowska vient étudier à Paris. Elle y épouse le physicien Pierre Curie.

1897 : Marie Curie cherche un sujet de thèse. Sur les conseils de Pierre Curie, elle choisit d'étudier le mystérieux rayonnement découvert par Henri Becquerel.

1903 : Le prix Nobel de physique est attribué conjointement à Becquerel et aux époux Curie pour leurs découvertes.

# 1898

LA DECOUVERTE

Le radium

RADIUM

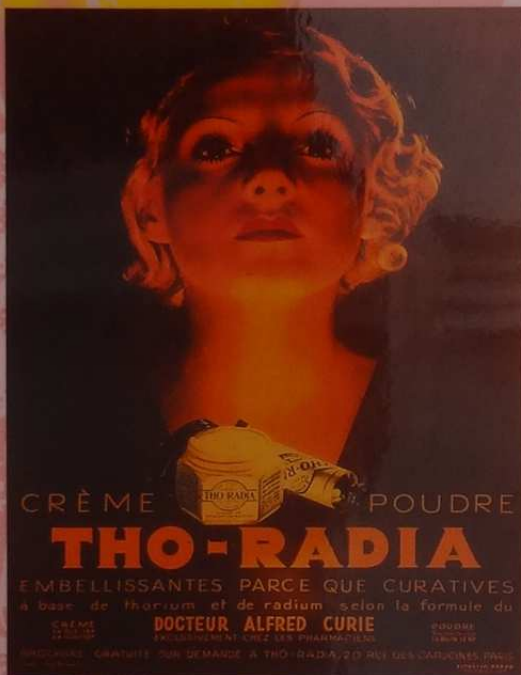
une potion  
magique !

Le radium s'affiche partout :  
produits de beauté, boissons...  
On lui prête des vertus  
tonifiantes et rajeunissantes.  
Rapidement, ses propriétés  
passionnent le monde médical...  
et le grand public.

*Mais les dangers  
du radium apparaissent...*

En 1924, des cancers  
de la mâchoire sont  
détectés chez des  
ouvrières américaines  
qui peignent des  
aiguilles de réveil.  
Elles léchelaient leurs  
pincesaux, imbibés de  
peinture au radium,  
pour les affiler.

D'autres accidents  
surviennent, liés à  
l'utilisation du radium  
dont le danger ne sera  
reconnu qu'à la fin des  
années 30.



NATURELLE

Toute la nature  
(minéraux, végétaux,  
animaux) est constituée  
d'atomes.

*Il y a 2400 ans,  
le philosophe grec  
Démocrite  
envisageait déjà  
la matière comme  
un assemblage de  
particules très  
petites auxquelles  
il donna le nom  
d'atomes.*

# Au cœur de la matière

## Le noyau

des protons  
portant  
une charge  
électrique positive,  
des neutrons  
sans charge  
électrique



## L'électron

porte une charge  
électrique négative

## L'atome

un noyau autour duquel  
gravitent des électrons.  
Un atome, c'est tout  
petit, petit ! Il faudrait en  
aligner 100 millions pour  
atteindre 1 centimètre.

NATURELLE

# Equilibre instable



*La radioactivité ne se voit pas. Pourtant, celle du radium est si intense qu'elle produit de la lumière au contact de l'air.*

En général, les noyaux des atomes sont stables. Cependant, certains ont trop d'énergie, ce qui les rend instables. A un moment ou à un autre, ils se transforment alors spontanément en noyaux plus stables. Lors de cette transformation, ils émettent des rayonnements invisibles : c'est la radioactivité.

L'unité de radioactivité est le becquerel : 1 becquerel correspond à un noyau transformé par seconde. Avec 10 becquerels, la radioactivité d'un litre d'eau de mer est insignifiante ; avec 37 milliards de becquerels, celle d'un gramme de radium est très grande.

NATURELLE

Un rayonnement alpha ( $\alpha$ ) est constitué d'un groupe de 2 protons et de 2 neutrons éjectés du noyau instable.

$\alpha$

# Ces rayonnements qu'on appelle...

Un rayonnement gamma ( $\gamma$ ) est une onde comme la lumière ou les rayons X. Cette onde est émise par le noyau instable, qui se stabilise mais conserve le même nombre de protons et de neutrons.

$\gamma$

Un rayonnement bêta ( $\beta$ ) est un électron éjecté du noyau instable dans lequel un neutron se transforme en proton.

$\beta$

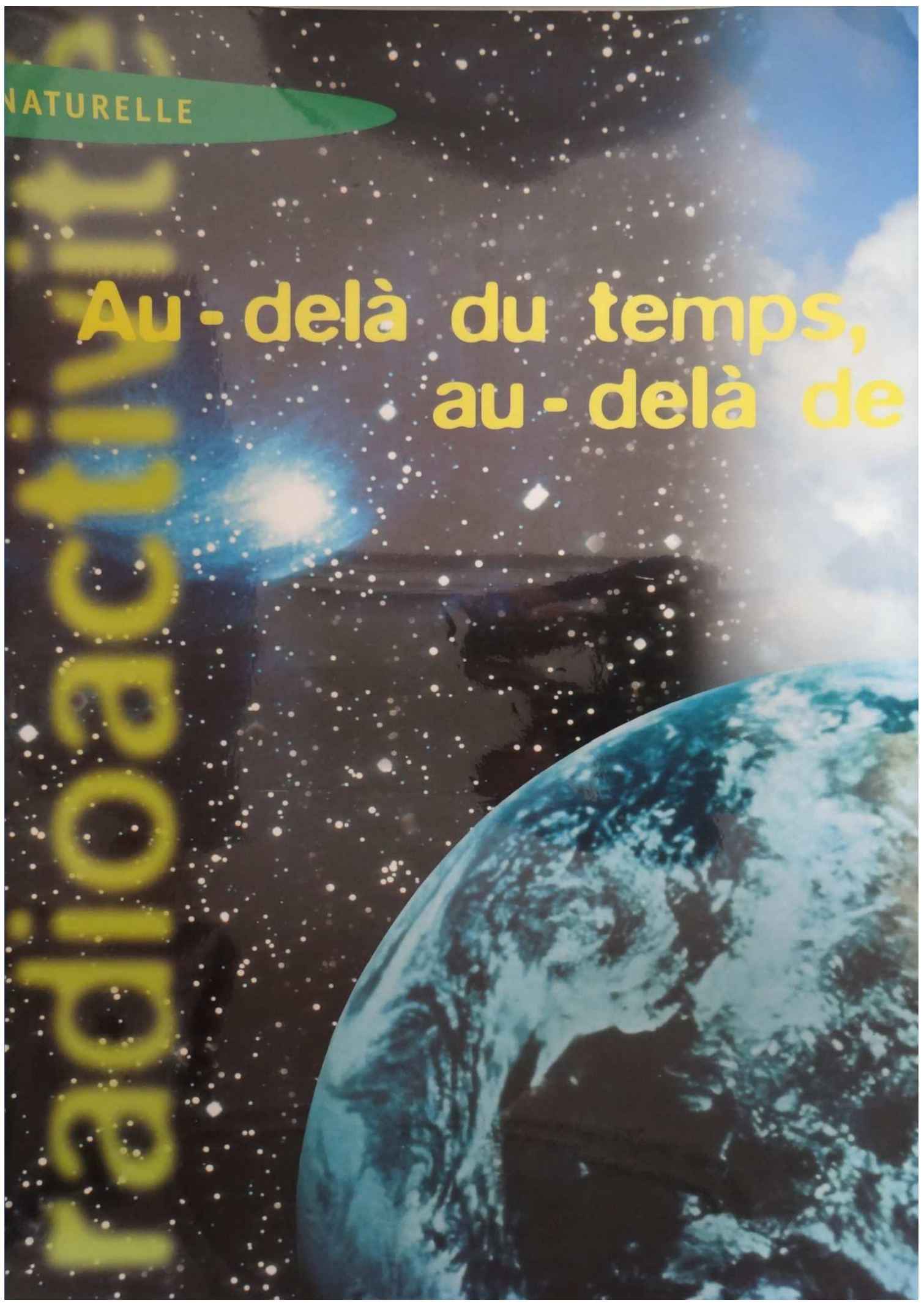
Quand le noyau d'un atome instable se transforme, il libère un rayonnement. Il existe trois sortes de rayonnements radioactifs :  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ .



NATURELLE

Au-delà du temps,  
au-delà de

radioactivité



La radioactivité existe depuis la naissance de l'Univers.  
La plupart des atomes radioactifs se sont déjà transformés en  
atomes stables. D'autres sont encore radioactifs et pourront le  
rester pendant des milliards d'années.  
La Terre émet une faible radioactivité : roches et eau  
contiennent des atomes radioactifs.

# l'espace

Chaque jour, de nouveaux atomes radioactifs  
se créent :

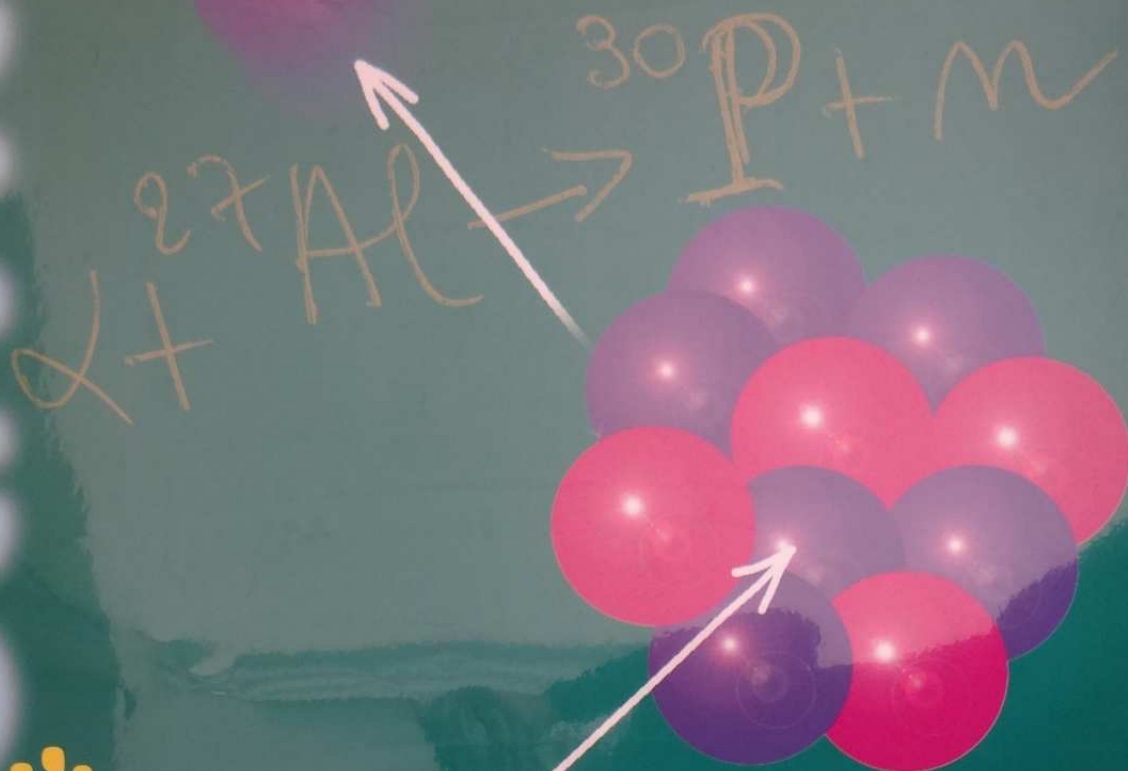
- en grande quantité dans le Soleil et  
les étoiles
- en faible quantité sur notre planète, par  
la rencontre de particules venant de l'espace  
avec les atomes présents dans l'atmosphère.

*Au quotidien*, les aliments que nous mangeons,  
l'eau que nous buvons, l'air que nous respirons,  
sont très faiblement radioactifs.



radioactivité

ARTIFICIELLE



## Et l'homme créa des atomes

On parle de radioactivité artificielle quand les atomes radioactifs sont produits en laboratoire. Mais cette radioactivité est de même nature que la radioactivité naturelle.

### Le rêve des alchimistes

1934 : En transformant de l'aluminium en phosphore radioactif, Irène et Frédéric Joliot-Curie créent le premier atome radioactif artificiel. L'année suivante, ils obtiennent le prix Nobel de chimie.

Depuis, les chercheurs ont créé plus de 2000 variétés d'atomes radioactifs dans les accélérateurs de particules.



Éléments de l'accélérateur Gérald à Gouvion



ARTIFICIELLE

# Un atome plein d'énergie

## Quand ça casse...

1939 : des physiciens et des chimistes découvrent que le noyau d'uranium, bombardé par des neutrons, se scinde en deux. Cette *fission* produit une énergie considérable. Son premier usage fut militaire : la bombe atomique.

Actuellement, en France, les centrales nucléaires produisent 75% de l'électricité. Elles transforment la chaleur provenant de la fission de l'uranium en énergie électrique.

Les deux noyaux issus d'une fission sont souvent radioactifs. Ils constituent une partie des déchets.

## Quand un noyau rencontre un autre noyau...

Aujourd'hui, les physiciens cherchent à reproduire ce que le Soleil réalise facilement : l'union de deux noyaux. Cette *fusion* produirait encore plus d'énergie.

Casser les noyaux d'**1g** d'uranium  
produit l'énergie électrique consommée par une  
famille d'un pays industriel pendant une année.

ARTIFICIELLE

# Des déchets sous haute surveillance

On ne sait pas détruire les déchets radioactifs. Ils proviennent à 95% des centrales nucléaires, le reste étant produit par la recherche, la médecine et l'industrie.



La majorité des déchets aura perdu presque toute sa radioactivité au bout de 300 ans. En attendant, ils sont stockés et strictement surveillés.

Certains déchets restent très longtemps radioactifs, parfois pendant plusieurs centaines de milliers d'années. En France, la stratégie actuelle consiste à :

- stabiliser leur conditionnement et les enterrer très profondément ;
  - les transformer en déchets moins longtemps radioactifs.
- Dans l'attente des résultats de ces recherches, ces déchets sont coulés dans du verre et très soigneusement surveillés.

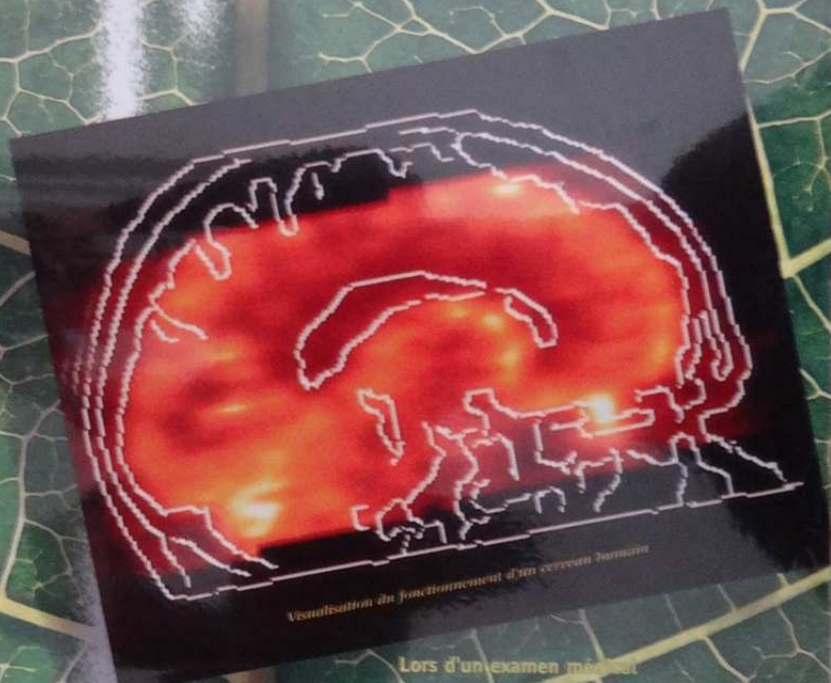
Illustration graphique : M. A. - Dessins : Credits photos : CEA



## APPLICATIONS

Certains atomes radioactifs sont utilisés en médecine pour étudier le mode d'action des médicaments et visualiser le fonctionnement des organes.

# Suivre à la trace



Visualisation du fonctionnement d'un cerveau humain

Lors d'un examen médical (appelé scintigraphie), on injecte un produit radioactif au patient.

Dans ce produit, des atomes stables ont été remplacés par les mêmes atomes, aux propriétés chimiques et biologiques identiques, mais radioactifs (isotopes).

Le rayonnement radioactif émis est capté par une caméra spécifique.

Il est aussi possible de suivre, pendant la croissance d'une plante, le cheminement des éléments qu'elle puise dans le sol.

Cela permet par exemple de limiter l'utilisation d'engrais.

# Lutter contre le cancer

Les médecins peuvent utiliser des produits radioactifs pour détruire des cellules cancéreuses, en prenant soin de viser exclusivement la partie malade. C'est la radiothérapie.

La source radioactive peut être située à l'intérieur de l'organisme (injection d'un produit radioactif ou pose d'aiguilles radioactives) ou à l'extérieur (cobalt radioactif émettant des rayons  $\gamma$ ).

La radiothérapie est généralement utilisée en association avec d'autres traitements médicaux.

Dès le début du siècle, on se sert du radium pour traiter les maladies de peau en brûlant les lésions.

# Remonter le temps

La radioactivité décroît avec le temps. La nature offre une grande variété d'atomes radioactifs qui sont autant d'instruments de mesure du temps. C'est ainsi qu'on a estimé l'âge de la Terre.

Après la mort d'un organisme, le nombre de ses atomes radioactifs diminue au cours du temps. Selon le type d'atome, ce processus peut durer de quelques secondes à des milliards d'années. On peut donc évaluer l'âge d'un fossile en comptant par exemple ses atomes de carbone radioactif (appelé carbone-14) dont la radioactivité subsiste pendant des siècles, même s'il est le carbone radioactif, plus le fossile est ancien.

© Science Photo Library / Getty Images



## APPLICATIONS

Pour solidifier une statue rongée de l'intérieur :

1. Couler du plastique liquide dans la statue.
2. Envoyer des rayons  $\gamma$  pour durcir ce plastique.

Insectes, moisissures et autres indésirables aiment à grignoter les œuvres d'art. Ils peuvent être éliminés en laboratoire grâce au rayonnement  $\gamma$ .

La momie du pharaon Ramsès II a été sauvée ainsi en 1976.

# Sauver la momie

Les rayons  $\gamma$  assurent aussi la conservation des aliments. Finies les fraises moisis ! Mais pas de panique, ils traversent les fraises sans jamais les rendre radioactives !

DETECTION

Invisible, inodore, silencieuse, la radioactivité échappe à tous nos sens. Mais on la détecte avec des appareils de mesure comme le compteur Geiger.



# Rencontrer l'invisible

En moyenne, l'essentiel des rayonnements radioactifs auxquels nous sommes exposés sur Terre est d'origine naturelle. Une petite part provient des essais militaires atmosphériques et de l'industrie nucléaire.

Pour raison de santé, des quantités de rayonnements radioactifs beaucoup plus importantes sont reçues par certains patients à l'occasion d'exams radiologiques ou de traitements contre le cancer.

Y a-t-il un compteur dans l'avion ?

L'atmosphère nous protège en partie des rayons cosmiques. Un seul vol Paris-New York expose à 100 fois plus de radioactivité qu'une randonnée en bord de mer.

LE PIRE

Concepts graphiques - Alain Bédou - Lucille Bédou - Photographie: E.H. (15/12/1999)

Quand un rayonnement radioactif pénètre dans un organisme, il peut détruire certaines cellules et provoquer des troubles plus ou moins graves. L'effet produit dépend de l'intensité du rayonnement et de la durée d'exposition, c'est-à-dire de la dose.

# L'important c'est la dose

Effets des rayonnements selon la dose

Dose reçue	Effets immédiats	Effets tardifs (augmentation du risque de cancer)
moins de 100 fois la dose naturelle annuelle*	pas d'effet	effet: faibles ou nuls
100 à 1000 fois la dose naturelle annuelle*	nausées altération des globules sanguins	effet: démontés
plus de 1000 fois la dose naturelle annuelle*	risque de mort	

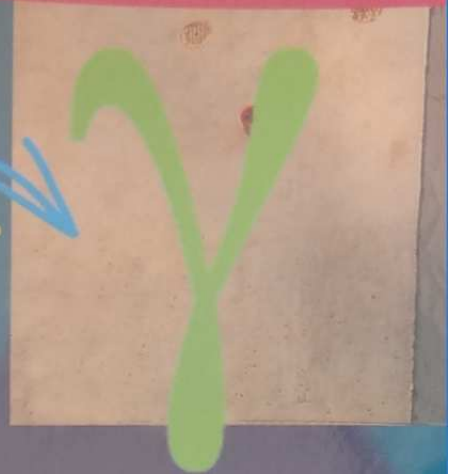
\* La dose normale de dose naturelle annuelle est inférieure à 1 pour 1000000 de dose (soit 1000000 fois la dose naturelle annuelle).

Le danger des rayonnements radioactifs, comme celui des rayonnements solaires, est une question de dose.

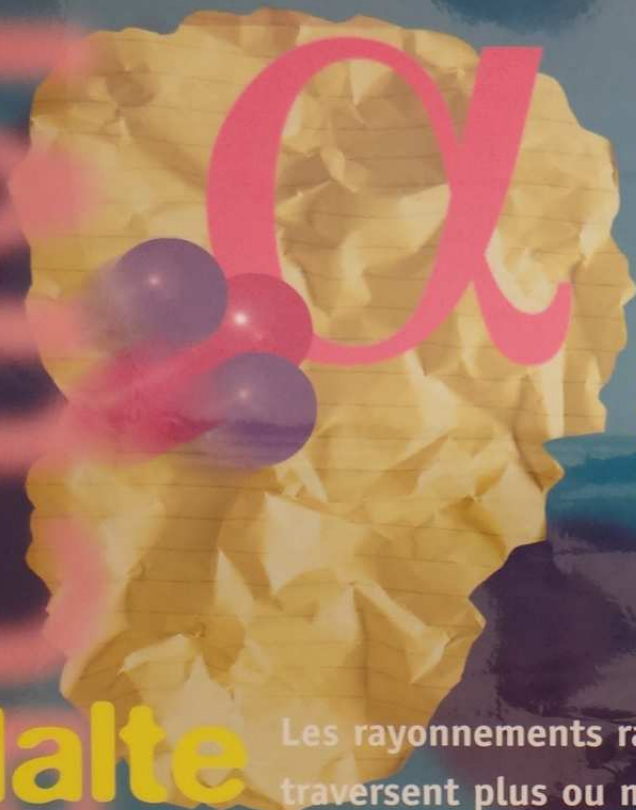


## PREVENTION

Des murs de plomb ou de béton sont nécessaires pour arrêter les rayonnements  $\gamma$ .



Quelques centimètres d'air ou une feuille de papier arrêtent les rayonnements  $\alpha$ .



S'il est facile de se protéger d'un rayonnement  $\alpha$ , celui-ci peut être cependant plus nocif qu'un rayonnement  $\gamma$  car son action est plus concentrée.

# Halte aux rayons !

Les rayonnements radioactifs traversent plus ou moins facilement la matière.

### Radioprotection et sûreté nucléaire

Les rayonnements  $\alpha$ ,  $\beta$  et  $\gamma$  étant invisibles, le symbole international



signale les zones dangereuses. Des enceintes d'acier et de béton protègent le personnel des sites nucléaires contre les rayonnements et empêchent la diffusion de toute matière radioactive dans l'environnement.

Un écran d'aluminium ou une plaque de verre stoppe les rayonnements  $\beta$ .



# 100 ans après

La découverte de la radioactivité a bouleversé la compréhension de l'univers. Elle a donné aux sciences, à la médecine et à l'industrie un élan qui, après un siècle, ne s'est pas ralenti.

Cependant la radioactivité est tout à la fois bénéfique et dangereuse. Ainsi, les rayonnements provenant d'atomes radioactifs peuvent guérir un malade du cancer. Mais à fortes doses, ces rayonnements, après l'explosion d'une arme atomique (Hiroshima, Nagasaki) ou d'une centrale nucléaire (Tchernobyl), peuvent être mortels.

Des applications thérapeutiques à l'armement nucléaire, l'usage de la radioactivité relève de la responsabilité de la société tout entière.

