

# RadioProtection Cirkus

## Histoire de la radioactivité

Nom de l'auteur : Marc AMMERICH

N° chrono : DOC-FO-25\_1

Version du : 15 Juin 2018

Le portail de la RP pratique et opérationnelle  
[www.rpcirkus.org](http://www.rpcirkus.org) - [www.forum-rpcirkus.com](http://www.forum-rpcirkus.com)

# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

Nous allons vous emmener au cœur de la matière et voir tous les scientifiques qui ont contribué à l'émergence d'une nouvelle branche de la physique : la radioactivité.

Elle existe depuis pratiquement la naissance de l'univers. C'est elle qui fait que le noyau terrestre reste liquide, ce qui induit la dérive des continents.

Mais comment a-t-elle été découverte ?



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

La fin du 19<sup>ème</sup> siècle est foisonnante d'inventions. La « révolution industrielle » est passée par là et de grandes découvertes s'opèrent dans tous les domaines des sciences.

L'électricité, le téléphone, l'automobile, l'aéroplane, etc.. On ne pourrait les citer toutes.

Tous les pays « industrialisés » notamment lancent des axes de recherche dans tous les domaines et toutes les équipes essayent d'être les premières.

Des rayonnements étranges n'échappent pas à la règle.



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

## Revenons à l'origine des éléments radioactifs

Prenons le cas de cet élément radioactif naturel qu'est l'uranium.

L'uranium est un métal relativement répandu dans l'écorce terrestre. Comme la plupart des métaux il se trouve dans les roches, combiné à d'autres éléments chimiques.

Mais d'où vient-il ? Il provient de la mort d'une étoile, comme tous les autres éléments chimiques, même ceux qui NOUS composent.



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

**..Nous sommes tous de la poussière d'étoiles..**



Le Soleil est un énorme réacteur à fusion thermonucléaire incontrôlée. La fusion s'accompagne d'un fort dégagement d'énergie. Les noyaux d'hydrogène se collent entre eux pour donner des noyaux d'hélium.



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

L'étoile va évoluer de stade en stade en collant les atomes d'hélium puis de carbone, etc...

L'atome le plus stable de l'univers en matière de cohésion est celui du fer possédant 26 protons et 30 neutrons, le fer-56.

La mort des étoiles provoque ensuite la dispersion de ces atomes légers.

Mais une autre possibilité est observable : une supernova. Les atomes de toutes dimensions se collent les uns aux autres et c'est ainsi qu'apparaissent les atomes lourds comme l'uranium.



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

A propos de l'uranium, on l'a découvert, non pas en tant que corps radioactif, mais en tant qu'élément chimique a une date qui compte dans l'histoire de France : **1789**.

Et bien figurez-vous qu'il y a peu des élèves de 3<sup>ème</sup> (d'un établissement tout à fait convenable), ne savaient pas que c'était la date de la révolution française ! Si, si.

Alors revenons-en à nos rayonnements.



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

1895

Découverte des rayons X



Wilhelm Röntgen



La main d'Anna-Bertha sa femme

Le premier cliché :

Applications : Radiologie médicale et industrielle



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

En 1895, il étudie le phénomène du passage d'un courant électrique à travers un gaz sous basse pression.

Le soir du 8 novembre 1895, Röntgen observe qu'à la décharge d'un tube, complètement enrobé de carton noir, scellé pour en exclure toute lumière et ceci dans une chambre noire, un carton couvert d'un côté de baryum platino-cyanide devient fluorescent lorsqu'il est frappé par les rayons émis du tube, et ce jusqu'à une distance de deux mètres.

Lors d'expériences subséquentes, il place divers objets entre une plaque photographique et la source de rayonnement et il se rend compte qu'ils ont une transparence variable. Il expérimente ensuite avec la **main de son épouse** placée sur le parcours des rayons.



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

Au développement, il s'aperçoit que l'image est l'ombre des os de la main de son épouse, son alliance y étant visible. Les os sont entourés d'une pénombre qui représente la chair de la main, la chair est donc plus perméable aux rayons. C'est le premier « Röntgenogram ».

À la suite d'autres expériences, Röntgen constate que les nouveaux rayons sont produits par l'impact des rayons cathodiques sur un objet matériel.

Parce que leur nature est encore inconnue, il leur donne le nom de « rayons X ». Plus tard, Max von Laue et ses étudiants démontreront qu'ils sont de nature électromagnétique, tout comme la lumière, et diffèrent seulement par une plus haute fréquence.



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

## Les applications aujourd'hui :



Le matériel fixe



Radiographie des seins : mammographie



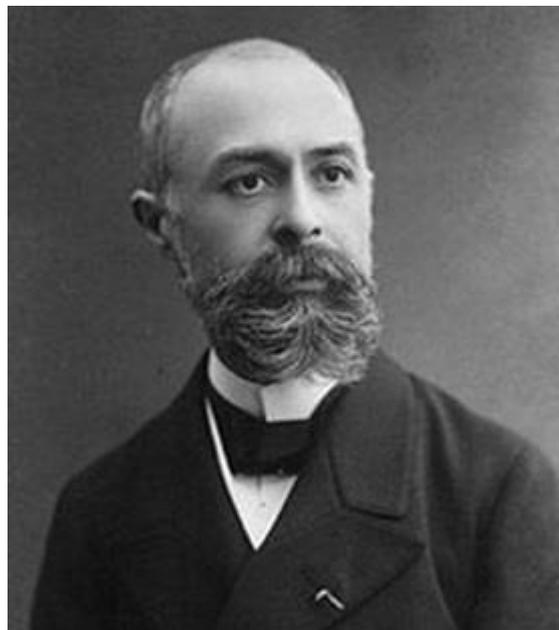
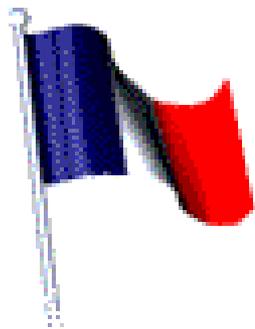
# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

**1896**

Découverte de la radioactivité naturelle



**Henri Becquerel**



Applications :

Fabrication de sources radioactives, datation



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

En 1896, Becquerel découvre la radioactivité par hasard, alors qu'il fait des recherches sur la fluorescence des sels d'uranium.

Sur une suggestion d'Henri Poincaré, il cherchait à déterminer si ce phénomène était de même nature que les rayons X. C'est en observant une plaque photographique mise en contact avec le matériau qu'il s'aperçoit qu'elle est impressionnée même lorsque le matériau n'a pas été soumis à la lumière du Soleil : le matériau émet son propre rayonnement sans nécessiter une excitation par de la lumière.

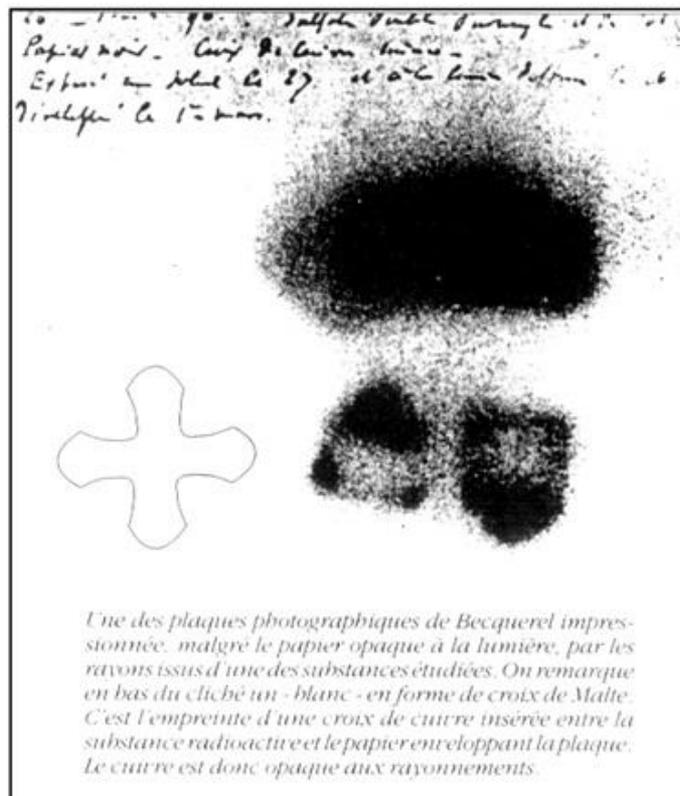
Ce rayonnement fut baptisé hyperphosphorescence.



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

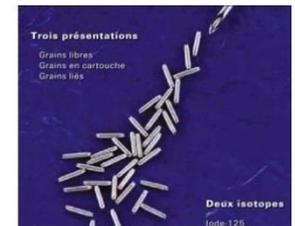
## 1896

### La première trace des rayons uraniques



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

Les applications aujourd'hui :



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

**1896**

Découverte des électrons



**Joseph John Thomson**



Applications : électricité  
Electronique,...



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

Les applications aujourd'hui :



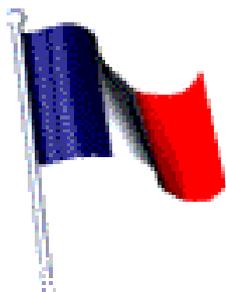
# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

**1898**

Découverte du radium et du polonium  
Nom de baptême de la radioactivité



**Pierre et Marie Curie**



Applications :  
Utilisations de la  
radioactivité multiples : le radium 1930



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

En 1897, Marie Curie choisit le sujet sur lequel travaillait Henri Becquerel, pour sa thèse de doctorat.

Elle révèle les propriétés ionisantes de ce rayonnement puis, avec son époux Pierre Curie, découvre les éléments chimiques qui en sont à l'origine.

**Elle rebaptise cette propriété radioactivité.**

Le radium va être utilisé dans tous les domaines et tous les objets.



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

## 1898

Le laboratoire de Pierre et Marie Curie



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

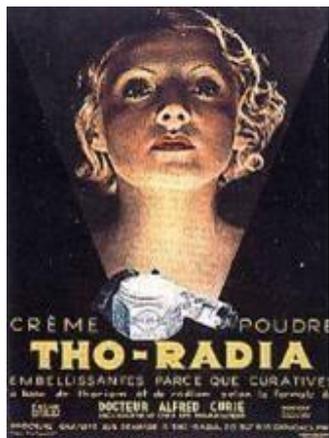
A l'intérieur de l'Espace Pierre Gilles de Gennes se trouve l'emplacement au sol des anciens laboratoires de

Pierre et Marie Curie.

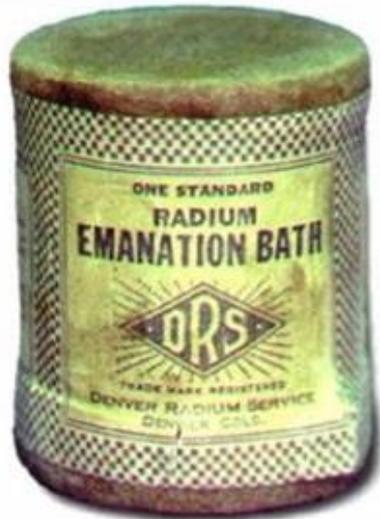


Il y a dans la cour une très belle stèle en granit gris, parfaitement radioactive (**mesure de 200 c/s au contact** avec un DG5) (bruit de fond 50 c/s).

# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ



**RADIUM v. GREY HAIR**  
*Who'd dream she was 50?*



30—and not a grey hair to be seen. Wonderful! Yet an absolute fact. Let "CARADIUM" do for you what it has done for thousands of our clients in all parts of the world. "CARADIUM" will quickly restore, right from the hair roots, the natural color, health and beauty to your hair, making you look 10 to 20 years younger.

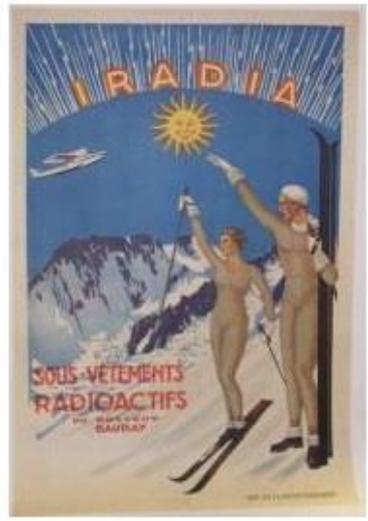
**'Caradium' is NOT A DYE**  
 CONTAINING RADIOACTIVE WATER.

Regular application of "Caradium" will restore the natural growth of the hair and cause the natural pigment to flow afresh. "Caradium" has been found an effective in cases of premature or retarded growth or growth caused by illness, worry or overwork. It is absolutely safe. Its use is the source of restoration that the use of "Caradium" is absolutely undetectable.

Grey Hair will never appear if CARADIUM IS USED ONCE WEEKLY AS A TONIC. Give Hair 100 Days' Freedom. This does it for the world hair growing. Soft and Glossy Hair, 6d. each. Packets of 10d. 6d.

**Caradium** RECD. Large 4/- Small 2/6

\* CARADIUM\* 38201, St. Great South Street, Westminster, LONDON



**CONSTIPATION PILULES RADIOL**  
 LAXATIVES DÉPURATIVES



Enver franco contre mandat 2,75  
 LABORATOIRE AUBRIOT 30 & 02 rue, PARIS.  
 MARQUE DÉPOSÉE



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ



Emanateur ou fontaine à radium

# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ



*Réveils lumineux.*



**OMEGA**  
MONTRE-BRACELET  
Glace incassable  
avec Cadran radium  
lumineux  
depuis 80 fr.  
avec  
Cadran blanc  
depuis 68 fr.



*En vente chez  
les meilleurs  
horlogers.*



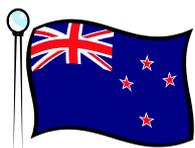
# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

**1898**

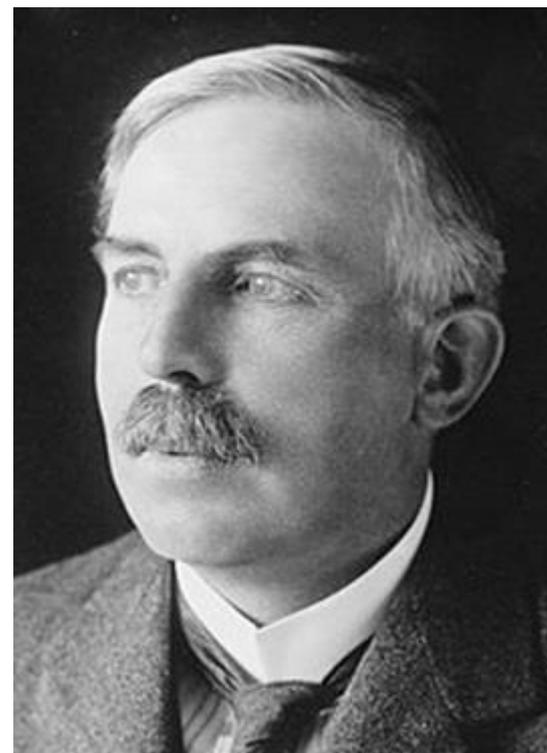
Découverte des rayonnements alpha et bêta



**Lord Ernest Rutherford**



Applications :  
Utilisations des rayonnements  
Jauge de mesure, d'épaisseur



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

Rutherford publie en 1899 un papier essentiel, où il étudie la façon dont ces rayonnements ionisent l'air en plaçant de l'uranium entre deux plaques chargées et en mesurant le courant qui passait. Il étudie ainsi le pouvoir de pénétration des rayonnements, en couvrant ses échantillons d'uranium avec des feuilles métalliques d'épaisseurs différentes.

Il commence avec des feuilles de 5  $\mu\text{m}$ .



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

Il remarque que l'ionisation commence par diminuer très rapidement avec l'augmentation de l'épaisseur des feuilles, puis, au-delà d'un certain seuil, diminue très doucement.

Il en déduit que l'uranium émet deux radiations différentes, parce qu'ayant des pouvoirs de pénétration différents. Il nomme la radiation la moins pénétrante le rayonnement **alpha**, et la radiation la plus pénétrante (qui produit forcément une moindre ionisation puisqu'elle traverse l'air) le rayonnement **bêta**.



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ



(b)

Jauges d'épaisseur  
pour le papier.

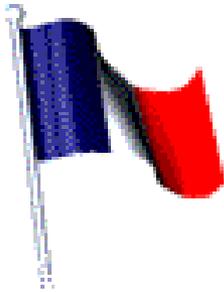
# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

**1900**

Découverte des rayonnements gamma



**Paul Villard**



Applications :  
Stérilisation matériel médical  
Radiographie industrielle



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

En 1900, il découvre un rayonnement provenant du radium, à la fois capable de traverser une fine plaque de plomb et insensible aux champs magnétiques.

Il découvre ainsi la troisième composante de la radioactivité, le rayonnement gamma, dénommé ainsi par Ernest Rutherford.

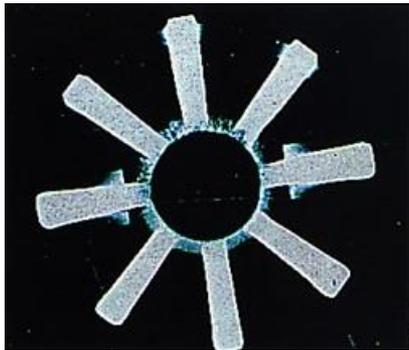


# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

Les rayonnements X et gamma impressionnent les pellicules photographiques

Les radionucléides émettant ce type de rayonnements peuvent servir à radiographier des pièces métalliques.

Cette technique est utilisée pour s'assurer de la qualité des soudures et de l'intégrité des pièces métalliques.



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

## 1900

Découverte des rayonnements cosmiques

Découverte d'un rayonnement ionisant à la surface de la terre (décharge spontanée des électroscopes, malgré toutes les précautions prises pour les ranger)

- Air ionisé par un rayonnement intense ?
- Des particules chargées naturellement dans l'air ?
- Radioactivité naturelle des roches (Rutherford) ?



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

1900

Naissance de la théorie des quanta



Max Planck



En octobre 1900, il détermine la loi de répartition spectrale du rayonnement thermique du corps noir en introduisant la **constante de Planck**, sans en maîtriser l'interprétation physique.



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

C'est à la fin de 1900 qu'il présente sa découverte à la société de physique de Berlin. C'est la naissance de la théorie des quanta, qu'il ne contribuera pas beaucoup à approfondir, laissant Albert Einstein l'étayer solidement. Planck a du mal à accepter sa propre hypothèse, rendant la matière « discontinue ».

Planck devint, par la suite, l'un des premiers soutiens d'Einstein, bien que ce dernier fût très critique vis-à-vis des théories de Planck avant de reconnaître ses positions novatrices.



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

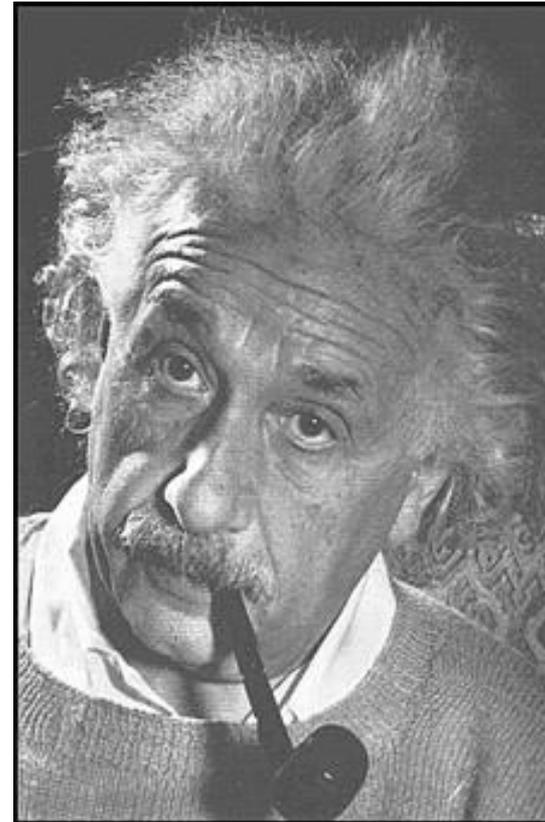
1905

Découverte de la relativité restreinte



$$E = m c^2$$

Albert Einstein



Application :  
Physique moderne  
Relation masse énergie



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

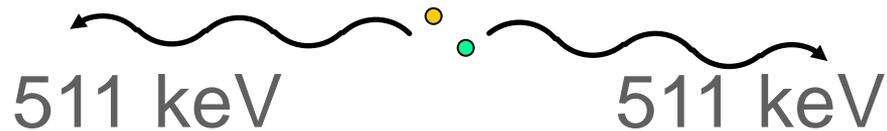
Equivalence masse – énergie :

CAS DES POSITONS (domaine médical)

Masse d'un électron :  $0,9 \cdot 10^{-30}$  kg

Célérité de la lumière :  $3 \cdot 10^8$  m.s<sup>-1</sup>

$$E = m c^2$$



2 rayonnements électromagnétiques

Exemple: le Fluor-18



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

**1909**

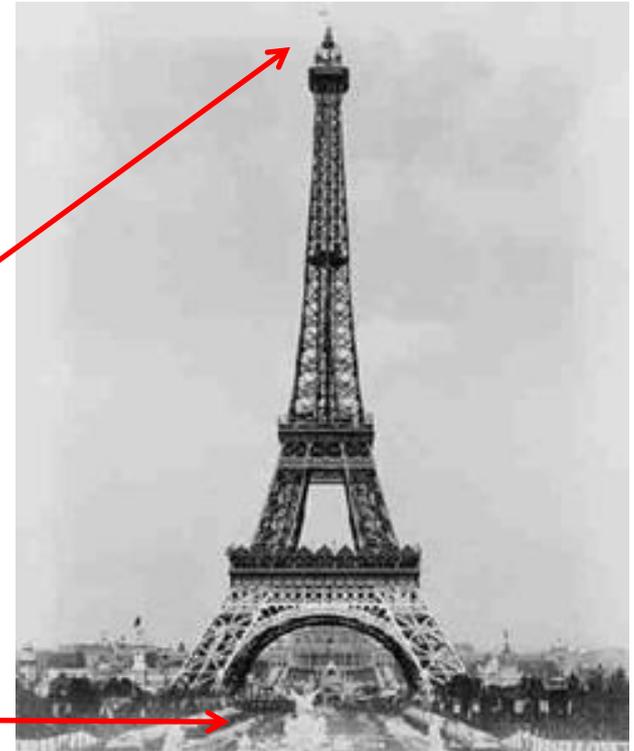
Mesure en haut de la tour Eiffel  
(père Théodor Wulf)

En haut

prédiction : 0,4 ions / cm<sup>3</sup>/s

mesure : 6 ions / cm<sup>3</sup>/s

Au sol la mesure : 3,5 ions / cm<sup>3</sup>/s



Il faudra attendre 1914 pour en avoir confirmation.



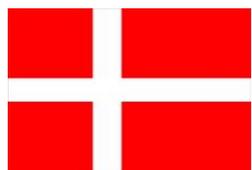
# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

1913

Modèle de la structure de l'atome



Niels Bohr



Application :  
Explication de la structure  
de la matière - Noyau – cortège



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

Ce modèle est un complément du modèle planétaire d'Ernest Rutherford qui décrit l'atome d'hydrogène comme un noyau massif et chargé positivement, autour duquel se déplace un électron chargé négativement.

Le problème posé par ce modèle est que l'électron, charge électrique accélérée, devrait selon la physique classique, rayonner de l'énergie et donc finir par s'écraser sur le noyau.



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

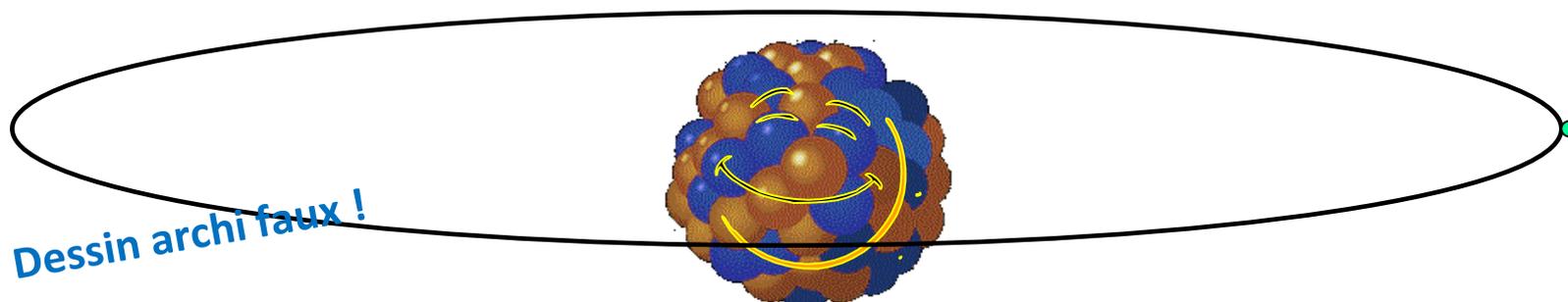
Bohr propose d'ajouter deux contraintes :

L'électron ne rayonne aucune énergie lorsqu'il se trouve sur une orbite stable (ou orbite stationnaire). Ces orbites stables sont différenciées, quantifiées. Ce sont les seules orbites sur lesquelles l'électron peut tourner.

L'électron ne rayonne ou n'absorbe de l'énergie que lors d'un changement d'orbite.



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ



Si on arrivait à grossir le noyau jusqu'à la taille d'un ballon de football posé au milieu du terrain, le premier électron serait une petite bille posée dans les gradins.

La nature est pleine de vide !



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

1914

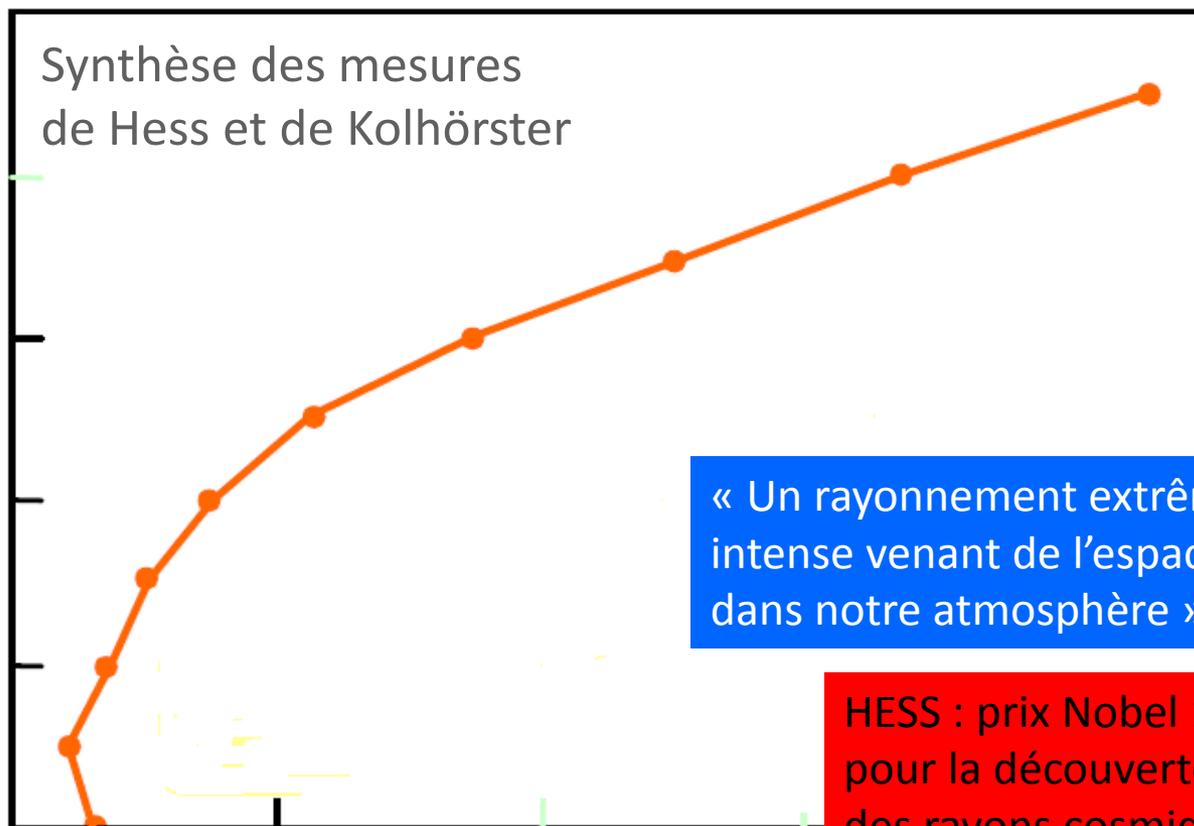
Découverte des rayons cosmiques



Victor Hess



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ



« Un rayonnement extrêmement intense venant de l'espace pénètre dans notre atmosphère » (V. Hess)

HESS : prix Nobel 1936 pour la découverte des rayons cosmiques

baptisé « rayons cosmiques » (R. Millikan, 1926)



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

**1914**

Découverte de la notion d'isotope

Noyaux différents dans un même élément chimique



**Frédéric Soddy**



Application :

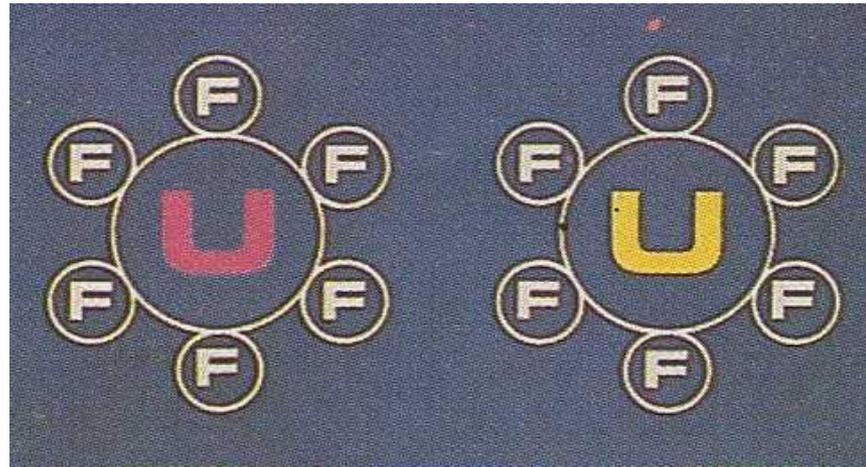
Uranium 238 et 235

Carbone 12 et 14



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

UF6 solide transformé en gaz  
pour l'enrichissement



238      235  
protons et neutrons



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

À partir de 1919

La physique quantique  
Wolfgang Pauli



Erwin Schrödinger



Werner Heisenberg



Application : électronique  
Quantique, nanotechnologies



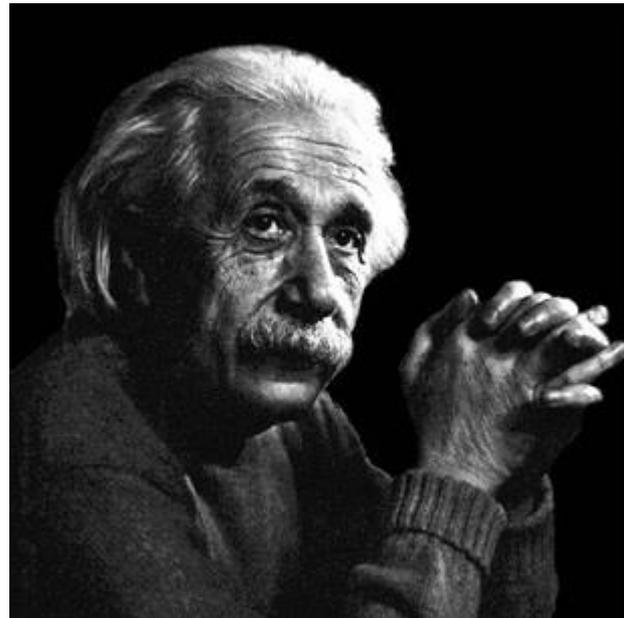
# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

1921

Elaboration de la relativité générale



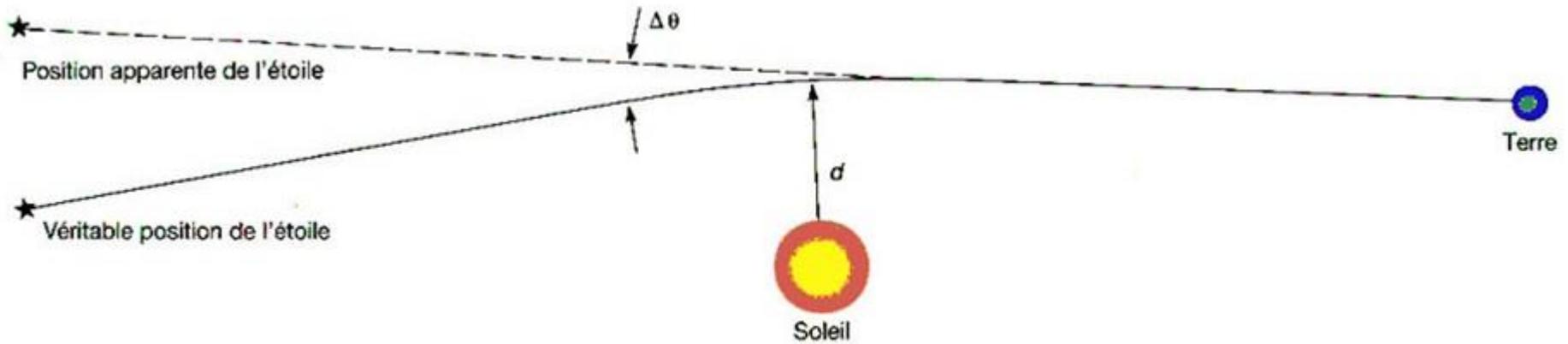
Albert Einstein



Application :  
Déviation onde  
par des masses



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ



Déviations des rayons lumineux par le Soleil.  $d$  est leur distance minimale d'approche du Soleil.

# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

**1925**

Détection des rayonnements

**Hans Geiger  
Walther Müller**



Application :  
Mesures de la radioactivité



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

Exemple d'une sonde bêta GM dite sonde bêta mous  
Geiger-Müller  
Bruit de fond : 1 à 2 i.s-1



Photo : MIRION



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

**1928**

Physique quantique

Et

Théorie prédictive  
du positron  
(électron « positif »)

**Paul Dirac**



Application :

Utilisation de produits radioactifs à usage médical



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

Il formule aussi une théorie quantique mathématiquement cohérente en assemblant les idées de Schrödinger et Heisenberg.

Il propose et étudie le concept de monopôle magnétique, une particule encore jamais observée, comme moyen d'apporter encore davantage de symétrie aux équations de Maxwell.

Dirac a publié onze articles dans la presse avant de soutenir sa thèse de doctorat. Après sa thèse, il part travailler avec Bohr à Copenhague. Il rejoint Göttingen en 1927.

En septembre, il est invité au cinquième congrès Solvay où il rencontre Albert Einstein.



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

Radiopharmaceutique beaucoup utilisé maintenant :

## Le Fluor-18



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

**1929**

Découverte de la nature ondulatoire des électrons



**Louis De Broglie**



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

**1932**

Découverte du neutron



**James Chadwick**



Application :  
Physique nucléaire



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

## Dès 1911 Conférence Solvay

Ex : 1933

Des prix Nobel  
à la pelle



A group of scientists participated in the 7th Solvay Conference , Bruxelles (October 1933).

Seated (left to right): Erwin Schrödinger, Irène Joliot, Niels Henrik David Bohr, Abram Ioffe, Marie Curie, Paul Langevin, Owen Willans Richardson, Lord Ernest Rutherford, Théophile de Donder, Maurice de Broglie, Louis de Broglie, Lise Meitner, James Chadwick. Standing (left to right): Émile Henriot, Francis Perrin, Frédéric Joliot, Werner Heisenberg, Hendrik Anthony Kramers, E. Stahel, Enrico Fermi, Ernest Thomas Sinton Walton, Paul Dirac, Peter Joseph William Debye, Nevill Francis Mott, Blas Cabrera, George Gamow, Walther Bothe, Patrick Blackett, M.S. Rosenblum, Jacques Errera, Ed. Bauer, Wolfgang Pauli, Jules-Émile Verschaffelt, M. Cosyns, E. Herzen, John Douglas Cockcroft, Charles Drummond Ellis, Rudolf Peierls, Auguste Piccard, Ernest O. Lawrence, Léon Rosenfeld. Absents: Albert Einstein and Charles Eugène Guye



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

**1934**

Découverte de la radioactivité artificielle

**Frédéric Joliot  
et Irène Curie**



Applications :  
Toutes les sources  
artificielles, industrielles et médicales,...



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

**Janvier** : les comptes rendus de l'Académie des sciences publient le travail des Joliot-Curie sur la découverte de la radioactivité artificielle

En bombardant une feuille d'aluminium avec des particules alpha ils obtiennent un produit radioactif, artificiel, instable inconnu jusqu'alors le phosphore 30, isotope radioactif du phosphore 31 élément stable (le phosphore 30 se transforme à son tour en silicium 30 stable, il y a eu création d'un élément radioactif qu'on observe pas dans la nature car très instable).



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

La réaction:



représente l'action de particules alpha sur l'aluminium, avec laquelle Irène et Frédéric Joliot-Curie ont obtenu le premier radioélément artificiel, isotope de masse 30 du phosphore, qui se désintègre ensuite avec émission d'un positon :



**Irène et Frédéric Joliot-Curie identifièrent, par ses propriétés chimiques, l'élément formé.**



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

**C'est la découverte de la radioactivité artificielle.**

On l'appelle radioactivité artificielle mais seul le mode de production est artificiel, car leur radioactivité elle est tout aussi naturelle que celle des autres éléments radioactifs, uranium, radium...

**4 juillet 1934** : Marie Curie meurt des suite d'une leucémie



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

« Frédéric Joliot Curie dans son discours du prix Nobel (Remarque : c'est à lui et non Irène à qui on a demandé le discours – monde « mysogine » ) a une **vision prémonitoire du futur** :

« Nous sommes en droit de penser que des chercheurs, brisant ou construisant des atomes à volonté, sauront réaliser des réactions en chaîne explosives. Si de telles réactions arrivent à se propager dans la matière, on peut concevoir l'énorme énergie utilisable qui sera libérée ».



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

**1934**

Découverte du neutrino



**Enrico Fermi**



Application :  
Physique nucléaire



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

**1936**

Découverte du positron

**Carl David Anderson**



Application :

Utilisation de produits radioactifs à usage médical

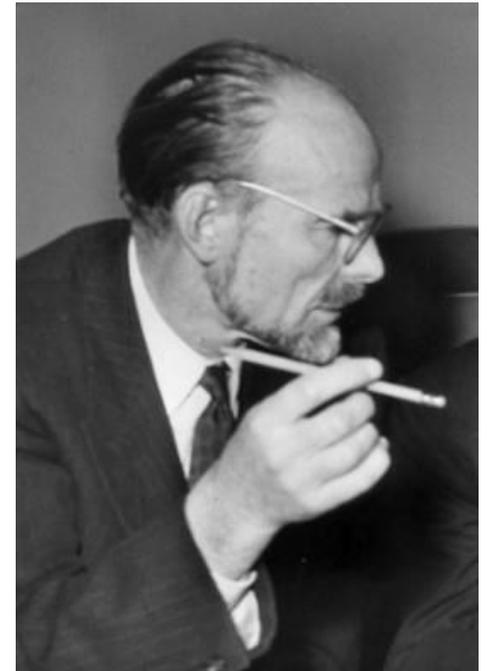
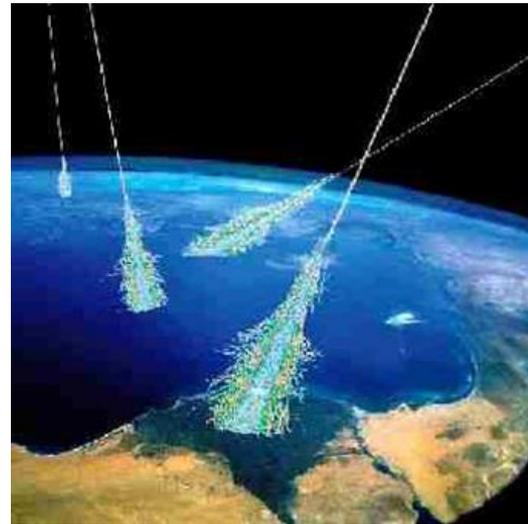
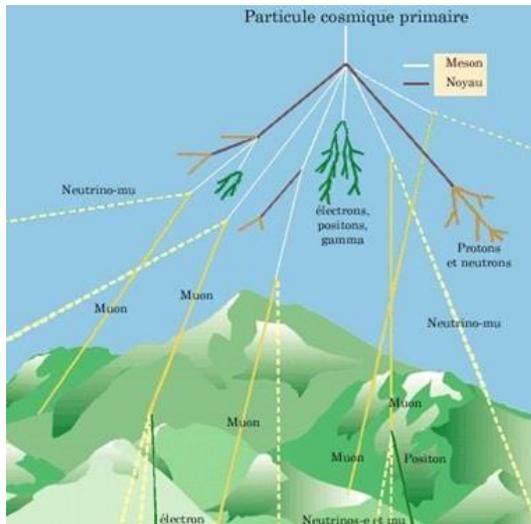


# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

1936

Découverte des gerbes cosmiques

Pierre Auger



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

1938

Découverte de la fission

Lise Meitner  
Otto Hahn  
Fritz Strassman

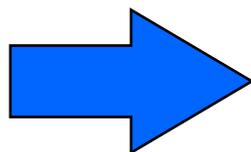


Application :  
Réacteur nucléaire



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

**FISSION**

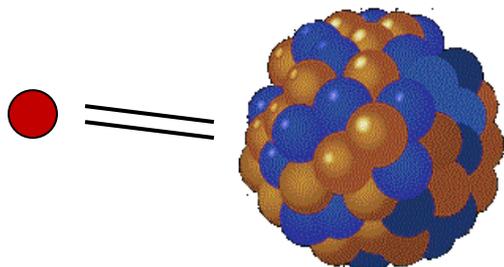


2 à 3 neutrons

$^{235}\text{U}$  ou  $^{239}\text{Pu}$

+ 2 isotopes radioactifs

Combustible nucléaire

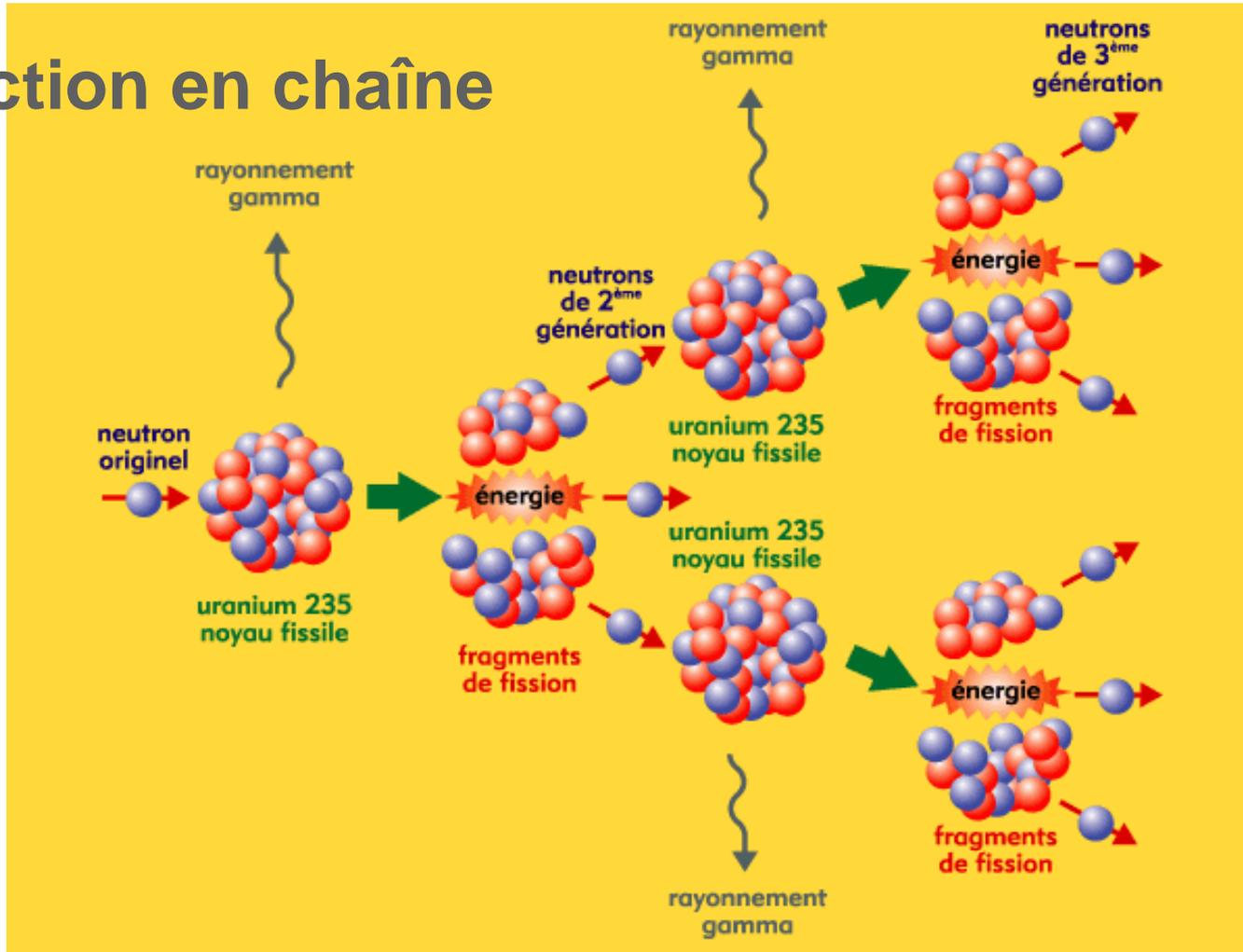


réaction en chaîne



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

## Réaction en chaîne



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

## 1938

### Disparition d'Ettore Majorana

Majorana aurait disparu (ou se serait suicidé) parce qu'il aurait anticipé l'usage militaire de l'énergie nucléaire. Il se trouve qu'en 1934, à Rome, Fermi avait bien obtenu expérimentalement une fission nucléaire mais sans le savoir : il crut avoir identifié un nouvel élément.



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

**1939**

Invention du cyclotron



**Ernest Orlando Lawrence**



Application :

Fabrication de produits radioactifs à période courte



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

Fabrication en cyclotron



Photos IBA

Radionucléide de très courte période produit par un cyclotron

Exemple : **Fluor-18** Période : **110 minute**

**Carbone-11** Période : **20 minutes**

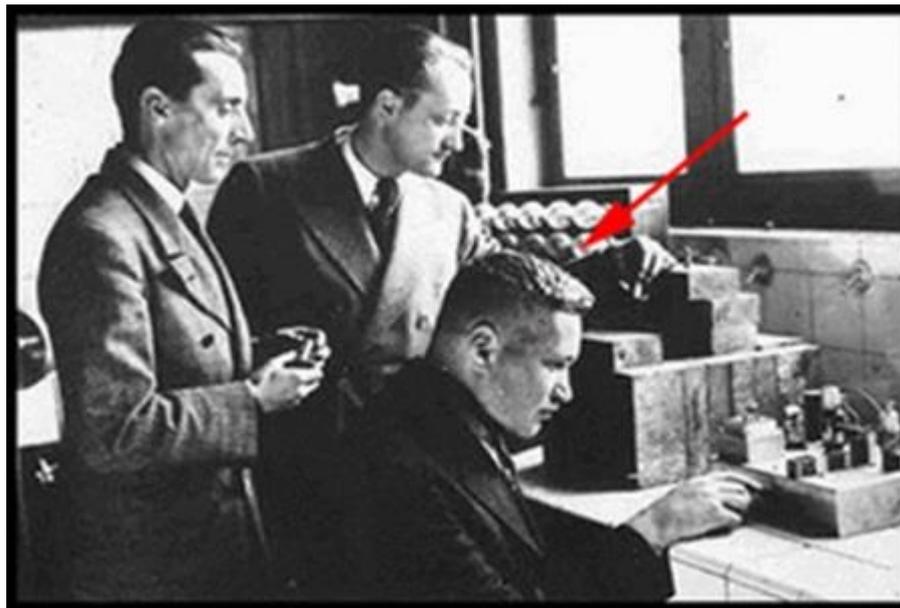
# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

## 1939

### Brevet sur la fission



Frédéric Joliot  
Hans Halban  
Lew Kowarski



REPUBLIQUE FRANCAISE  
MINISTÈRE  
DE L'INDUSTRIE ET DU COMMERCE  
SERVICE  
de la PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

**BREVET D'INVENTION**  
Gr. 5. — Cl. 2. N° 976.541

Dispositif de production d'énergie.  
CAISSE NATIONALE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE résidant en France (Seine).  
Demandé le 1<sup>er</sup> mai 1939, à 16<sup>h</sup> 55', à Paris.  
Déposé le 1<sup>er</sup> novembre 1950. — Publié le 19 mars 1951.  
(Brevet d'invention dont la délivrance a été ajournée en exécution de l'article 11, § 7, de la loi du 5 juillet 1844 modifiée par la loi du 7 avril 1902)

Un est que l'absorption d'un neutron par un noyau d'uranium peut provoquer la rupture de ce dernier avec dégagement d'énergie et émission de nouveaux neutrons en nombre en moyenne supérieur à l'unité. Parmi les neutrons ainsi émis, un certain nombre peuvent à leur tour provoquer sur des noyaux d'uranium — de nouvelles ruptures, et les ruptures de noyaux d'uranium pourront ainsi aller en croissant suivant une progression géométrique, avec dégagement de quantités considérablement considérables d'énergie.

On s'est rendu compte, constamment à la présente invention, que si l'on parvenait à provoquer une telle réaction au sein d'une masse limitée d'uranium (ou de composé d'uranium ou d'un mélange contenant de l'uranium), on pourrait extraire de cette masse et utiliser à des fins industrielles l'énergie ainsi développée par les chaînes de réactions successives.

Mais on se heurte immédiatement à une difficulté principale: ces chaînes pouvant se ramifier d'une manière illimitée, la réaction peut devenir explosive, ce qui entrainerait considérablement les possibilités d'utilisation de la masse d'uranium en question comme source maniable d'énergie industrielle.

répartitions des constituants du dispositif, seraient ainsi le développement des chaînes.

2° Ensuite, d'introduire dans le dispositif un ou plusieurs éléments — à l'état de corps simples ou de combinaisons chimiques — susceptibles d'absorber les neutrons ralentis en proportion d'autant plus forte par rapport à l'absorption par l'uranium que la température est plus élevée.

Par le premier de ces moyens ou l'emploi conjugué de ces deux moyens, les chaînes peuvent se développer jusqu'à ce qu'une énergie suffisamment importante soit libérée, et être alors automatiquement interrompues ou limitées, évitant ainsi le développement explosif de la réaction.

On arrive ainsi à libérer de la masse d'uranium considérée, en vue de son utilisation industrielle, et au fur et à mesure des besoins, l'énergie qu'elle est susceptible de fournir par transmissions.

Pour réduire la vitesse de tout ou partie des neutrons émis, on introduit au sein de la masse d'uranium — et surtout une réaction qui n'est pas substantiellement uniforme — des éléments très légers tels que l'hydrogène, le deutérium par exemple, l'hélium ou combinés, ou des éléments légers tels que le gélium, le carbone, l'oxygène par exemple, libres ou combinés.



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

## Que faut-il pour faire un réacteur ?

**Matière fissile** : le combustible qui va se scinder en donnant de l'énergie et en libérant des neutrons : l'uranium.

**Modérateur** : Il va ralentir les neutrons et donc contrôler la réaction en chaîne : l'eau lourde (c'est de l'eau ordinaire dans laquelle l'hydrogène est remplacé par un isotope lourd de l'hydrogène, le deutérium. Pour différencier de l'eau lourde de l'eau normale, un glaçon eau ordinaire flotte celui d'eau lourde tombe au fond du verre). On peut utiliser de l'eau ordinaire comme modérateur, mais l'eau lourde a l'avantage de moins capturer les neutrons.



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

L'équipe française est la première à élaborer le concept du réacteur mais il faut maintenant le réaliser. La France n'a pas uranium, elle n'a pas d'eau lourde et peu de moyens (mais les Français comme on le sait ne sont pas à cours d'idées). Frédéric Joliot Curie fera preuve de beaucoup d'ingéniosité.

L'Union minière du Haut Katanga, trust belge assure l'exploitation de l'uranium. C'est un minerai très fin et donc très bon pour la réaction en chaîne.

Frédéric Joliot Curie prend contact avec ce trust.

**13 mai 1939** : un accord est signé et la France reçoit à ce moment 7 tonnes d'oxyde d'uranium de très bonne qualité.



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

Mais la deuxième guerre mondiale se déclenche !  
Et tout s'arrête !!!

Une délégation secrète part en Norvège (Jacques Allier accompagné d'agents secrets). Ils traversent les lignes ennemies pour négocier avec la Norsk Hydro l'acquisition de l'eau lourde et empêcher les Allemands de mettre la main sur le stock.



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

Ils vont à travers mille embûches, dans la neige et le froid, jusqu'à l'usine de la Norsk Hydro qui leur livrera tout le stock d'eau lourde nécessaire pour la France. Ils affréteront deux avions, l'un servant de leurre sera effectivement abattu par les Allemands !!

Ils ramèneront donc 185 kg d'eau lourde en France dans des bidons que vous pouvez encore voir à Fontenay aux Roses.

Il faut maintenant tout cacher.



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

## 1er exode vers Londres

Il faut en vitesse faire évacuer les savants, Hans Halban d'origine autrichienne et Lew Kowarski d'origine russe, et les bidons d'eau lourde vers Londres. Seul Frédéric Joliot Curie restera à Paris près de son laboratoire et du cyclotron au Collège de France et près de sa famille.

Raoul Dautry ([ministre de l'industrie et inventeur de la Michelin](#)) organise d'autre part le départ de l'uranium vers le Maroc. Le minerai sera enfermé pendant toute la durée de la guerre dans une mine désaffectée dont on aura pris soin de falsifier les plans.



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

Les recherches reprennent à Londres. 2ème coup du destin, Londres commence à être bombardée.

## 2ème exode vers le Canada

Les savants et l'eau lourde partent pour le Canada. Trois autres chercheurs français vont les rejoindre, Jules Guéron, Pierre Auger et Bertrand Goldschmidt.

Pendant ce temps l'équipe rivale (équipe de Fermi) continue ses recherches (sans collaborer avec les chercheurs européens) et travaille d'arrache pied. **Le projet Manhattan (Manhattan district initialement) débute en 1939.**



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

1941

Découverte du plutonium



Glenn Seaborg



Puis l'américium, le curium, le berkélium, et le californium



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

1942

Premier réacteur nucléaire à Chicago

Enrico Fermi



Emilio Ségré



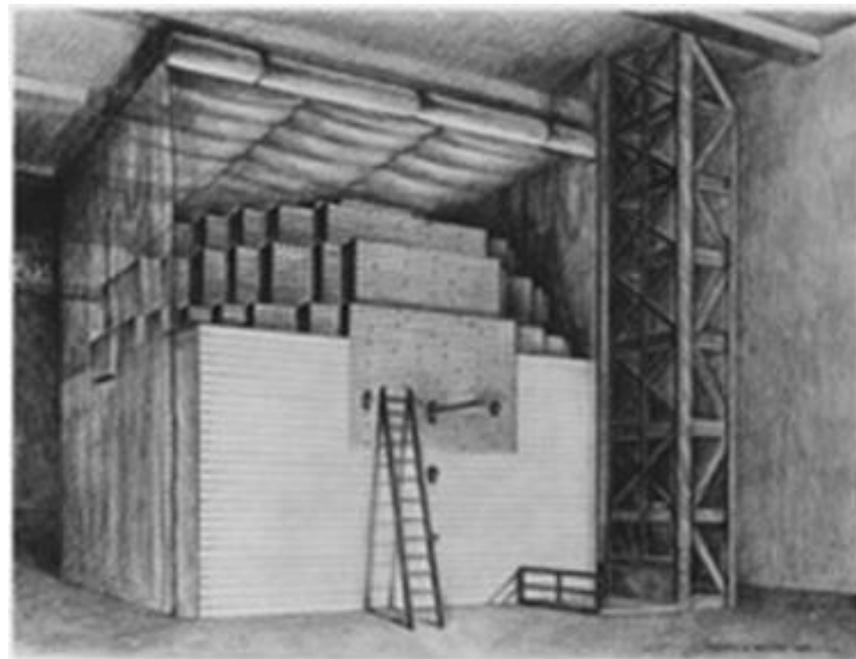
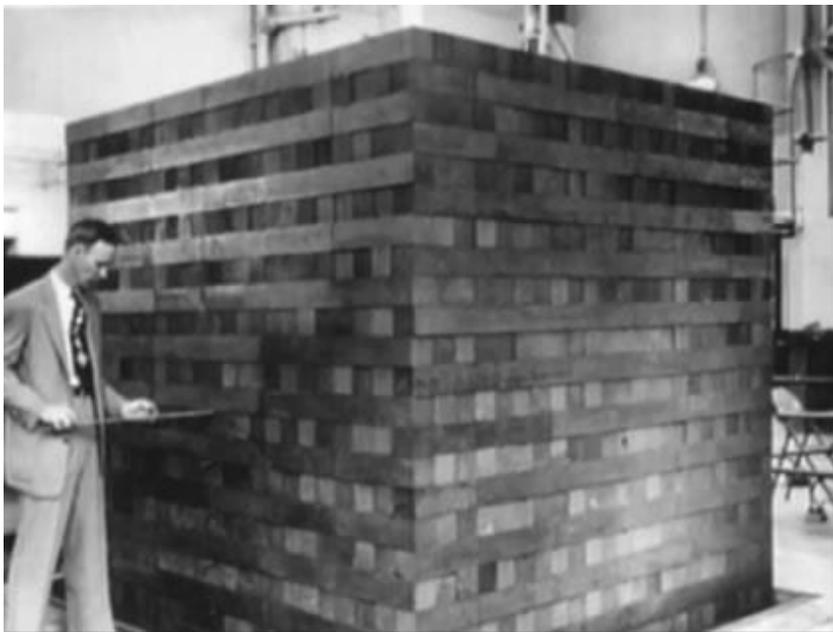
Léo Szilard



**Le projet Manhattan**



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

Pourquoi les Américains ne veulent pas associer l'équipe française à leurs travaux ?

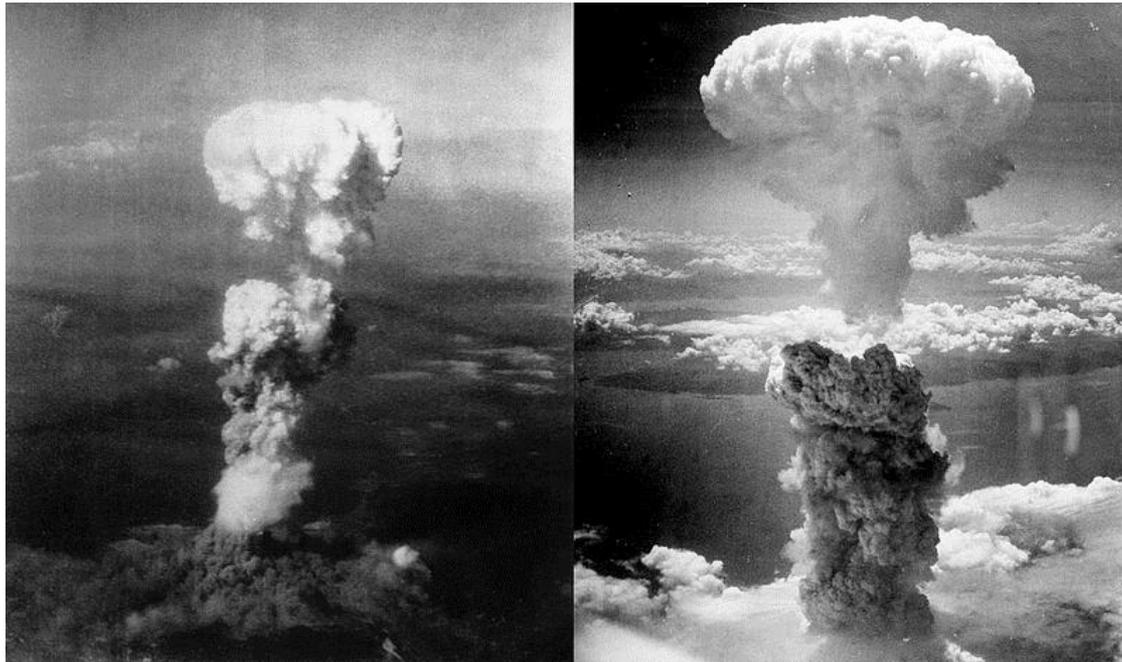
Frédéric Joliot Curie est communiste, Hans Halban autrichien, et Lew Kowarski russe. Autrement dit des chercheurs dont il faut se méfier !! C'est un refus pour cause de sécurité !!



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

**1945**

Premières bombes atomiques



**Hiroshima**

**Nagasaki**

# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

1945

Création du CEA par le Général De Gaulle

ZOE

Première pile atomique

Zéro énergie

Oxyde d'uranium

Eau lourde

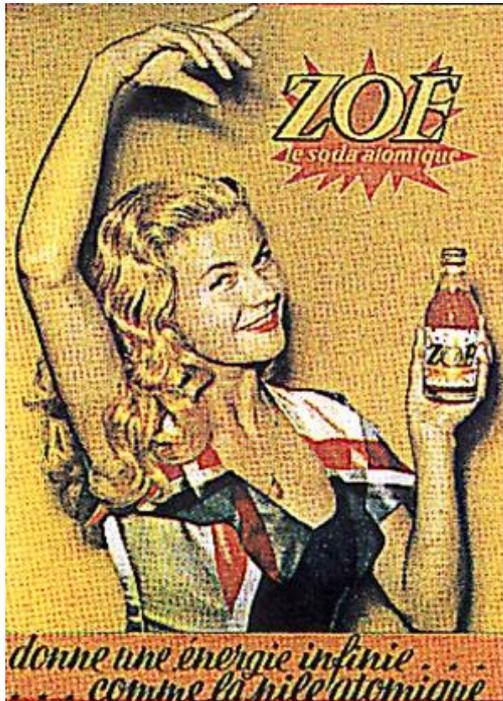
Fontenay aux roses



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

ZOE

Première pile atomique



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

**1951**

Découverte de la structure de l'ADN  
avec des rayons X

**Rosalind Franklin**



**James Watson**



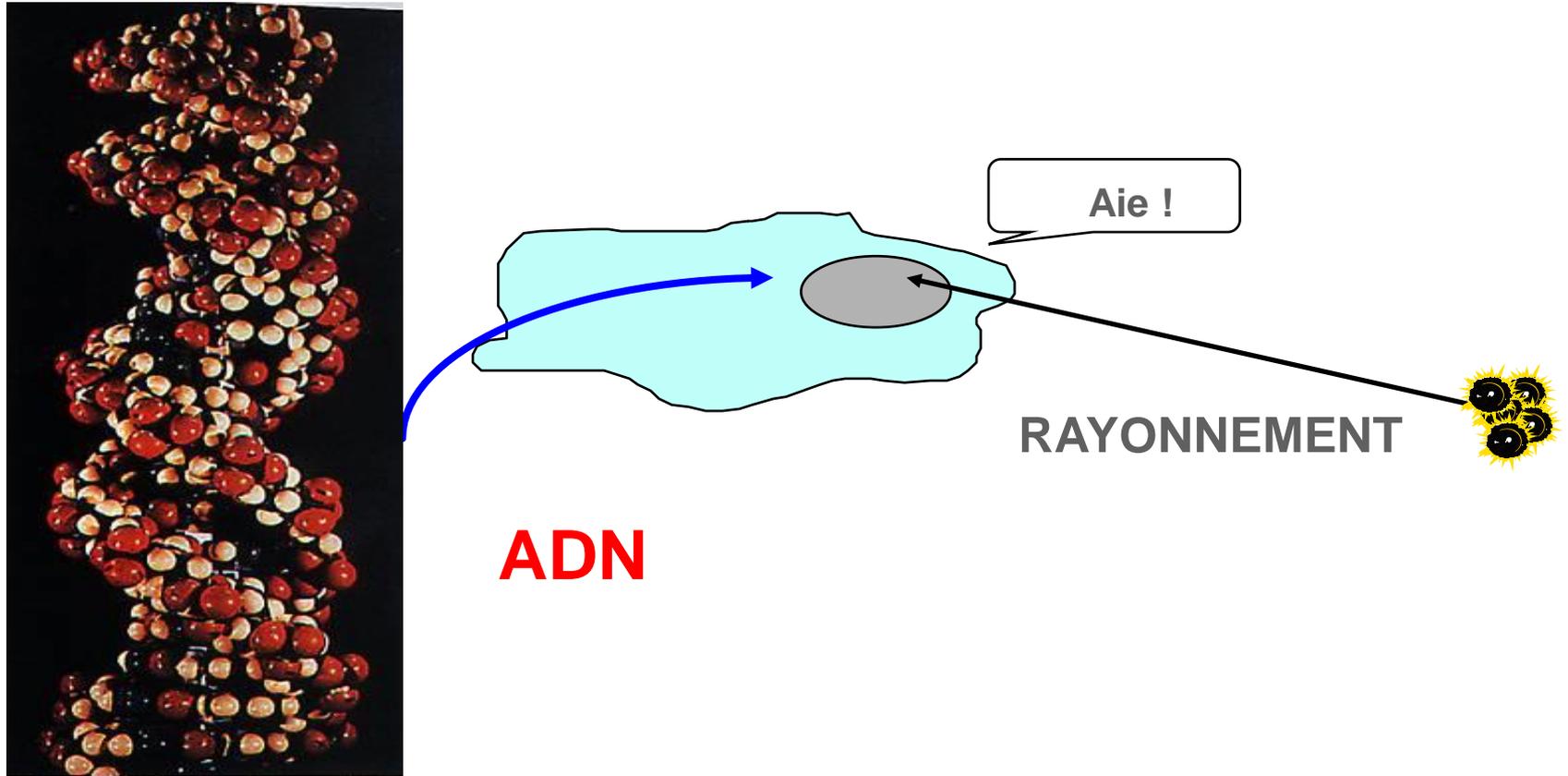
**Francis Crick**



Application : biologie, génétique



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ



Analyse des effets de rayonnements ionisants sur l'ADN

# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

**1954**

Mécanique quantique

Interprétation statistique de la fonction d'onde

**Max Born**



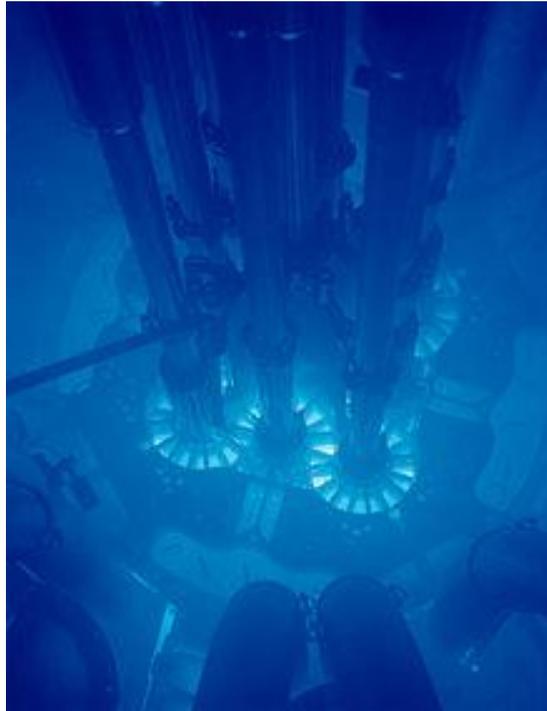
# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

1958

Effet Tcherenkov



Pavel Tcherenkov



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

**1959-1963**

Découverte des quarks

**Murray Gell-Mann**

Application : physique  
des particules, LHC, etc



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

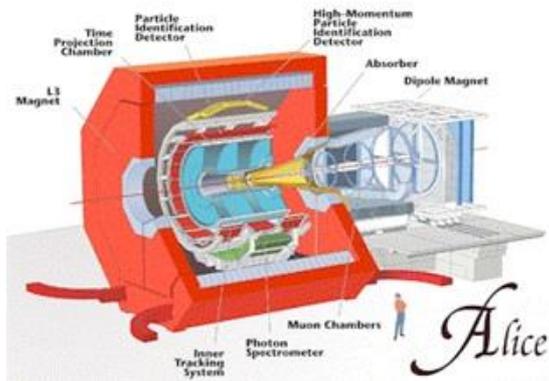
La physique des particules ou la physique subatomique est la branche de la physique qui étudie les constituants élémentaires de la matière et les rayonnements, ainsi que leurs interactions.

On l'appelle aussi parfois physique des hautes énergies car de nombreuses particules élémentaires, instables, n'existent pas à l'état naturel et peuvent seulement être détectées lors de collisions à hautes énergies entre particules stables dans les accélérateurs de particules.



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

Le physicien des particules doit se spécialiser dans une ou plusieurs disciplines (codes de calculs, physique théorique, etc.). Ses activités principales sont l'observation, l'étude théorique et l'instrumentation. Il peut exercer une ou plusieurs de ces activités. Il consacre une grande partie de son temps à la publication de ses recherches.



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

## Depuis les années 60

Les physiciens « nucléaires » d'aujourd'hui

Rudolf Ludwig Mössbauer



Richard Feynman



Carlo Rubia



Simon Van der Meer



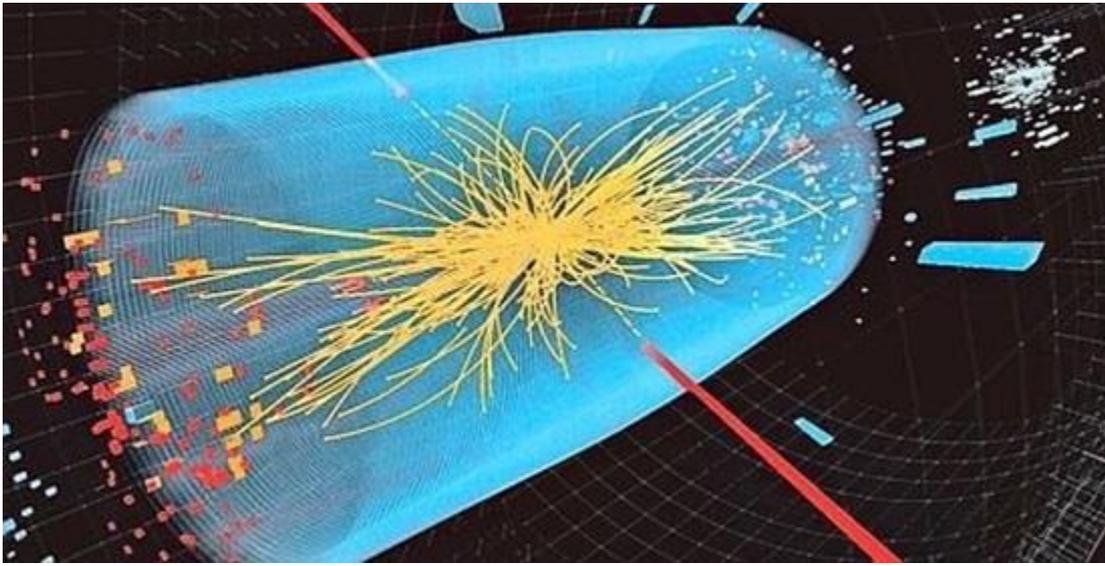
François Englert



Peter Higgs



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ



LHC Collisions

Higgs - Englert  
Le boson !



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ



Dmitri Mendeleev

H																	He
Li	Be										B	C	N	O	F		Ne
Na	Mg										Al	Si	P	S	Cl		Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	*	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	**	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og
		*	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
		**	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

Rutherford Seaborg Bohr Meitner Rontgen Curie Einstein Fermi Mendeleev Nobel Lawrence  
 En 2012 les noms de livermorium pour l'élément 116 et de flerovium (du nom d'un chercheur russe) pour le 114 ont été donnés.



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

Tableau de Mendeleïv (14 juin 2016)

Les quatre nouveaux éléments qui ont fait leur récente entrée sur le tableau de Mendeleïv ont été baptisés par l'Union internationale de chimie pure et appliquée (UICPA) : « ces noms doivent faire référence à un mythe, à la géographie ou à un scientifique. »



# HISTOIRE DE LA RADIOACTIVITÉ

Tableau de Mendeleïv (14 juin 2016)

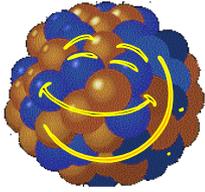
Au final, « les découvreurs japonais du n°113, premier élément mis en évidence par des chercheurs asiatiques, ont proposé Nihonium (Nh), du nom japonais du Japon, « Nihon ».

Les pères russes et américains du n°115 ont choisi Moscovium (Mc), en référence à la ville capitale.

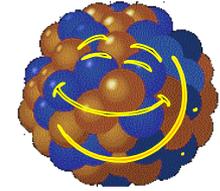
Le Tennessine (Ts), qui donne son nom au n°117, est tiré de l'État américain du Tennessee, dont l'un des centres de recherche a joué un rôle dans cette découverte.

Enfin, le n°118, Oganesson (Og), rend hommage au savant russe Yuri Oganessian.





# POUR TERMINER



Provisoirement bien entendu !!!

Voilà ! Le voyage s'arrête pour l'instant ici,  
Mais avec toutes les découvertes qui ont été  
faites, il nous reste encore bien plus de  
questions qu'avant.

Alors la suite aux prochaines grandes  
découvertes.

