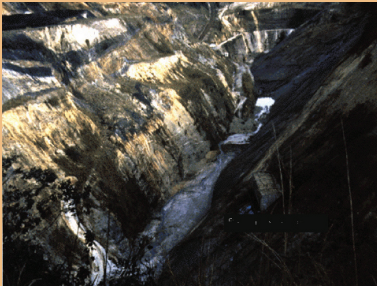




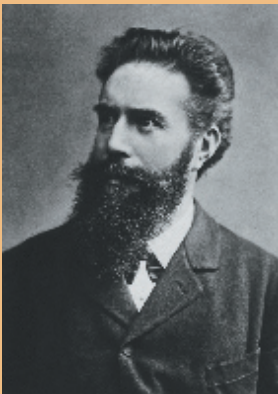
Découvertes

Découvertes

La découverte de la radioactivité

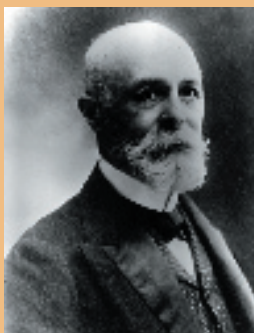


Site d'Oklo



© UCAR

Wilhelm Röntgen (1845-1923)



© Musée des archives de l'Institut Radium

Henri Becquerel (1852-1908)

Il y a 2 milliard d'années : la 1^{ère} centrale nucléaire

À Oklo, au Gabon, les ancêtres des dinosaures mettent au point le premier réacteur nucléaire... Plus sérieusement, à cette époque, la concentration d'éléments radioactifs était suffisante sur ce site pour qu'une réaction de fission nucléaire – similaire à celle maîtrisée aujourd'hui dans les centrales nucléaires – s'amorce spontanément et perdure sans intervention extérieure pendant un demi million d'années. La puissance produite était modeste, de l'ordre de 20 kW, à peine de quoi allumer quelques centaines de lampes.

8 novembre 1895 : découverte des rayons X

À l'université de Würzburg, **Wilhelm Röntgen** (1845-1923) découvre les rayons X émis par un tube de Crookes qu'il utilisait pour étudier les rayons cathodiques – des électrons. Ces rayons X ont le pouvoir de traverser un papier opaque enveloppant le tube de Crookes et font scintiller un écran fluorescent situé sur une table voisine. Rapidement, Röntgen met en évidence d'autres propriétés des rayons X. «Éclairée» par ces derniers, la main de sa femme projette sur un écran en arrière plan l'image nette de ses os et de son alliance. Après quelques semaines, Röntgen, qui recevra en 1901 le premier prix Nobel de Physique pour sa découverte, envoie ses «clichés radiographiques» à plusieurs confrères en Europe. Le 20 janvier 1896, Henri Poincaré les présente à Paris lors d'une séance à l'Académie des Sciences et fait l'hypothèse que ce rayonnement pénétrant accompagne la fluorescence du tube de Crookes. Dans l'assistance se trouve Henri Becquerel, fils et petit-fils de physicien, spécialiste des phénomènes de fluorescence et de phosphorescence.

1^{er} mars 1896 : découverte de la radioactivité naturelle

Henri Becquerel (1852-1908) s'intéresse à la découverte de Röntgen et décide de faire des recherches sur les liens entre rayons X et fluorescence à l'aide d'une préparation de sel phosphorescent d'uranium. Déposant ce sel sur des plaques photographiques enveloppées dans du papier noir, il expose le tout au soleil puis développe les plaques. Les photographies révèlent l'image des cristaux de sel d'uranium, que Becquerel suppose créée par les mystérieux rayons X de Röntgen.

Becquerel pense alors que l'énergie solaire est absorbée par l'uranium avant d'être réémise sous forme de rayons X. Il a tort et, comme souvent en science, la chance lui donne un coup de pouce inattendu. Les 26 et 27 février, le temps est tellement couvert sur Paris que Becquerel renonce à ses expériences d'exposition : il range ses plaques photographiques imprégnées de sel d'uranium dans un placard. Le 1^{er} mars, il les ressort et décide, par acquis de conscience, de les développer bien qu'il s'attende à les trouver vierges. À sa grande surprise, les plaques sont quand même impressionnées et Becquerel distingue même l'image négative d'une croix de cuivre qui se trouvait entre l'uranium et les plaques photographiques. En l'absence de source d'énergie extérieure (comme le soleil), une substance inerte se montre capable d'émettre des rayons qui traversent le papier mais sont arrêtés par le métal. Grâce aux aléas de la météo (et au choix, par hasard, de sels fluorescents à l'uranium !) Becquerel vient de



La découverte de la radioactivité

découvrir la radioactivité, c'est-à-dire l'émission spontanée de radiation par un matériau.

Au cours des années suivantes, Becquerel montre que la radiation émise par l'uranium a certaines propriétés communes avec les rayons X de Röntgen. Par contre, les « rayons uraniques » sont déviés par un champ magnétique et sont donc formés de particules chargées alors que les rayons X sont neutres. Pour tous ces résultats, Becquerel partage le prix Nobel de Physique en 1903 avec les époux Curie.

1898 : découvertes du polonium et du radium

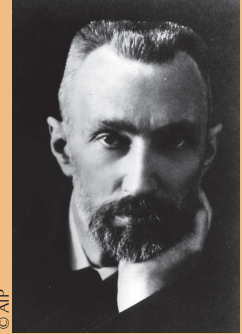
Pierre (1859-1906) et **Marie** (1867-1934) **Curie** se lancent sur les traces des « rayons U » de Becquerel. Travaillant sur la pechblende (un minerai d'uranium), ils découvrent qu'il est bien plus radioactif que l'uranium pur dont ils disposent. De cette observation, ils déduisent que la pechblende doit contenir une source inconnue de radioactivité. Pour l'isoler, ils sont contraints de traiter et de purifier plusieurs tonnes de résidu de minerai de pechblende qu'ils font livrer dans leur laboratoire. En juillet 1898, ils découvrent le polonium – baptisé en l'honneur du pays natal de Marie, la Pologne – puis en décembre le radium, deux millions de fois plus radioactif que l'uranium. Ensuite, plusieurs années de travail seront nécessaires pour obtenir une quantité suffisante de ces éléments pour mesurer leurs propriétés chimiques.

Ces recherches leur vaudront de partager le prix Nobel de physique en 1903 (avec Henri Becquerel). Après la mort accidentelle de Pierre Curie en 1906 Marie reprend sa chaire – elle est la première femme à occuper un tel poste – et continue ses recherches. En particulier, elle isole le radium, travail pour lequel elle reçoit le prix Nobel de Chimie en 1911 ; ainsi, elle est la première à obtenir deux prix Nobel.

Concluons en rappelant que Pierre et Marie Curie ont inventé le terme de « radioactivité » et qu'ils ont chèrement payé leurs découvertes. Marie Curie est morte d'une leucémie, certainement provoquée par les substances radioactives qu'elle manipula sans protection pendant des années afin de les purifier. En reconnaissance de ces deux parcours exceptionnels, les restes de Pierre et Marie Curie ont été transférés au Panthéon en 1995.

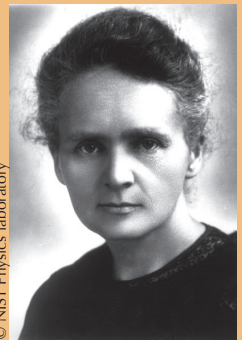
1899-1911 : Rutherford explore la structure de l'atome

En un peu plus d'une décennie, **Ernest Rutherford** (1871-1937) révolutionne la connaissance des atomes et réalise des avancées considérables dans la compréhension de la radioactivité : partout où il passe, il réalise des expériences décisives qui, prises individuellement, suffiraient à faire le bonheur d'un physicien ambitieux. En 1899, à Cambridge, il identifie et nomme les rayons alpha (noyaux d'hélium) et bêta (électrons). Puis, en 1902, maintenant installé à l'université Mc Gill au Canada, il montre avec Frederick Soddy que la radioactivité s'accompagne d'un phénomène de transmutation : en se désintégrant, un noyau devient un autre élément chimique. Pour la première fois, le vieux rêve des alchimistes devient



© AIP

Pierre Curie (1859-1906)



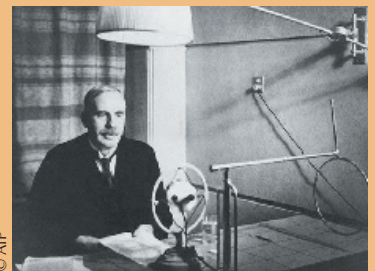
© NIST Physics laboratory

Marie Curie (1867-1934)



© Musée des archives de l'Institut Radium

Bol contenant du radium et émettant de la lumière.



© AIP

Ernest Rutherford (1871-1937)



Découvertes

La découverte de la radioactivité

Le compteur Geiger

Inventé en 1928 par Hans Geiger, le compteur Geiger détecte le passage de particules ionisantes émises par les substances radioactives situées à proximité. Il se compose d'un tube métallique rempli d'un mélange de gaz rares (argon, krypton et xénon) à basse pression, et d'un fil conducteur. La différence de potentiel entre le fil (l'anode) et le tube (la cathode) est élevée, de l'ordre de 1000 volts. La pression du gaz, sa composition et l'intensité du champ électrique sont choisis de manière à ce que toute particule ionisante qui traverse le compteur produise un signal similaire. Compter le nombre d'impulsions permet ainsi d'estimer le nombre de particules ionisantes reçues en un temps donné, et donc le taux de radioactivité au voisinage du détecteur. Parfois, les détecteurs sont reliés à un haut-parleur qui transforme les signaux électriques en son : c'est le crépitement caractéristique des compteurs Geiger.



Irène et Frédéric Joliot-Curie dans leur laboratoire.

réalité ... On imagine la révolution scientifique que cette découverte a représentée ! Pour tous ces travaux, E. Rutherford obtient le prix Nobel de chimie en 1908.

Rutherford part ensuite à l'université de Manchester où, avec Hans Geiger et Ernest Marsden, il découvre le noyau atomique dans les années 1909-1911 (voir la rubrique « Histoire »). Enfin, en 1919, alors qu'il est le directeur du Cavendish Laboratory à Cambridge, Rutherford réalise la première transmutation artificielle. En bombardant de l'azote avec des particules alpha, il obtient un autre élément chimique : l'oxygène.

Pour résumer l'impact de Rutherford sur la science de son temps, il suffit de préciser qu'il est enterré dans l'Abbaye de Westminster à Londres, aux côtés d'Isaac Newton, notamment.

1928 : invention du compteur Geiger

Hans Geiger, un ancien collaborateur de Rutherford met au point le « **compteur Geiger** », toujours utilisé de nos jours pour quantifier la radioactivité d'une substance.

Début des années 1930 : premiers accélérateurs de particules

Il a suffi de quelques années pour concevoir et faire fonctionner les premiers accélérateurs de particules (voir la rubrique « Accélérateurs »). Ils permettent d'atteindre des énergies plus élevées que celles obtenues par la radioactivité naturelle, et de faire des collisions variées entre particules en changeant soit la nature des projectiles, soit celle de la cible. Ainsi, les propriétés des noyaux peuvent être étudiées de manière plus systématique.

1934 : découverte de la radioactivité artificielle

La fille de Pierre et Marie Curie, **Irène**, et son mari **Frédéric Joliot** découvrent la radioactivité artificielle. En bombardant une feuille d'aluminium avec des particules alpha, ils obtiennent du phosphore radioactif, un isotope du phosphore stable qui n'existe pas dans la nature. Rutherford avait ouvert la porte à « l'alchimie nucléaire » tout en restant spectateur des réactions de transmutation qui avaient lieu. Avec les Joliot-Curie, un pas supplémentaire est franchi : on peut maintenant contrôler la création de noyaux radioactifs, ce qui sera bien vite exploité, pour le meilleur et pour le pire. Les deux époux reçoivent le prix Nobel de Chimie en 1935 pour leur découverte.

1938 : des avancées scientifiques lourdes de menaces

En 1938, **Otto Hahn**, Fritz Strassmann et Lise Meitner découvrent la fission du noyau d'uranium. Quelques mois plus tard, Frédéric Joliot et ses collègues H. Von Halban et L. Kowalski mettent en évidence la



Découvertes

La découverte de la radioactivité

production de neutrons lors de la réaction de fission. Ils démontrent la possibilité d'une réaction en chaîne : les neutrons libérés lors d'une fission viennent frapper d'autres noyaux pour provoquer de nouvelles fissions. Ils imaginent les applications de ce processus pour la production d'énergie. Frédéric Joliot construit également le premier cyclotron européen au Collège de France à Paris.

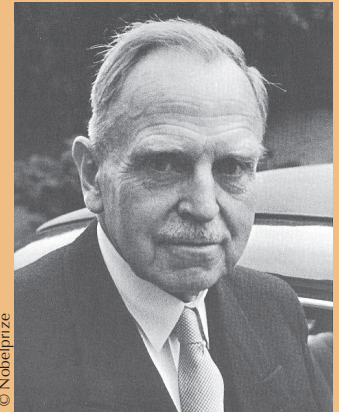
Dans le même temps, Edward Orlando Lawrence et son frère démontrent l'intérêt de l'iode radioactif pour l'exploration de la glande thyroïde, une des premières applications de la radioactivité en médecine.

16 juillet 1945 :

Dans le désert du Nouveau Mexique, l'équipe du projet Manhattan, basée à Los Alamos et dirigée par **Robert Oppenheimer**, fait exploser la première bombe atomique.

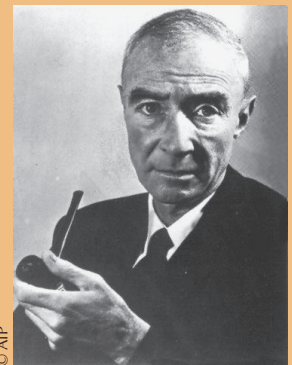
6 août 1945 :

Une bombe atomique à l'uranium est lâchée sur Hiroshima au Japon : elle tue 45 000 personnes instantanément et 120 000 dans l'année qui suit à cause des rayonnements radioactifs. Le 9 août, une seconde bombe atomique, au plutonium cette fois-ci, est larguée sur Nagasaki et fait 30 000 victimes le premier jour, 80 000 sur un an. Dans les deux cas, le bilan s'est ensuite considérablement alourdi au cours des années. Les deux bombes atomiques tuent encore aujourd'hui parmi les survivants irradiés et leurs descendants. Si le Japon, assommé par ces deux catastrophes a capitulé le 2 septembre 1945, mettant ainsi fin à la Seconde Guerre Mondiale, la physique nucléaire avait définitivement perdu son innocence...



© Nobelprize

Otto Hahn (1879-1968)



© AIP

Robert Oppenheimer (1904-1967)

La 1^{ère} pile de Fermi

Le 2 décembre 1942, aux États-Unis, le directeur du « National Defense Research Committee » (Comité de Recherche sur la Défense Nationale) reçut un message codé en provenance de Chicago : « *le navigateur italien vient d'atterrir dans le nouveau monde* ». Que signifiait cette phrase énigmatique ? Rien de moins qu'un bouleversement considérable, tant pour la conduite de la guerre que pour le futur du monde ! En effet, sous les gradins d'un complexe sportif de l'Université Stagg Field de Chicago, le physicien italien Enrico Fermi et son équipe du laboratoire de métallurgie venaient de réaliser la première pile atomique. Son « allumage » fut effectué avec une grande précaution en se fiant aux calculs – purement théoriques ! – de Fermi sur la masse critique d'uranium nécessaire pour engager et entretenir une réaction nucléaire contrôlée. Plusieurs dispositifs avaient été prévus pour stopper brutalement la pile si les compteurs (de type Geiger) montraient qu'elle s'emballait : l'ultime parade était une « équipe-suicide » de trois physiciens chargés en dernier recours de recouvrir le dispositif expérimental de sulfate de cadmium, un absorbeur de neutrons ! Tout se passa bien et la pile fonctionna vingt-huit minutes en délivrant quelques centaines de watts. C'était suffisant pour démontrer la faisabilité d'une réaction en chaîne – et donc, à terme celle d'une bombe atomique – et pour prouver qu'il était ainsi possible de fabriquer du plutonium, un élément radioactif artificiel utilisable comme combustible nucléaire.



© DK