

La découverte des rayons uraniques : un petit pas pour Henri Becquerel, mais un grand pas pour la science*

Michel Genet** professeur

Summary : *The discovery of uranic rays : a short step for Henri Becquerel but a giant step for science.*

In March 1896, Antoine Henri Becquerel discovered radioactivity. This success is largely due to a tradition of high-level scientific research which prevailed over three generations in the Becquerel family. The circumstances of the discovery and the controverties which followed are reviewed within the framework of their scientific and historical context.

Mots clés : *Histoire des sciences, Henri Becquerel, Pierre et Marie Curie, radioactivité.*

Key-words : *History of sciences, Henri Becquerel, Pierre and Marie Curie, radioactivity.*

La famille Becquerel est exceptionnelle et unique. Sur quatre générations, qui s'étalent de Napoléon Ier à la Seconde Guerre mondiale, chaque membre de la famille a dédié sa vie à la recherche. Dans le monde scientifique, il existe très peu d'exemples de cette nature. Au cours du XVII^e et du XVIII^e siècle, la famille Cassini a connu un grand succès pour sa contribution à l'astronomie ; trois membres de la famille Bernoulli ont joué un très grand rôle dans le développement des mathématiques ; enfin, trois générations de De Jussieu, de 1750 à 1850, ont contribué à faire progresser la botanique de façon très significative [1]. Pour sa part, la lignée des Becquerel montre à quel point la tradition et la continuité en recherche peuvent conduire au plus haut niveau de la science.

La saga des Becquerel

Antoine César Becquerel (1788-1878)

Antoine César a été le premier membre à être célèbre dans la famille Becquerel. Il est né le 7 mars 1788 à Châtillon-sur-Loing (maintenant Châtillon-Coligny dans le Loiret). Son père, Louis-Hector Becquerel de la Chevrotière était lieutenant du roi et fut

maire de la commune de Châtillon-sur-Loing. Les vicissitudes de sa vie ont été très largement marquées par les périodes confuses de la Révolution française et du premier Empire. Sa tante maternelle, Anne Angélique Cordier, était mariée à Antoine Florent Girodet, dont le fils est devenu le fameux peintre Antoine Louis Girodet (1767-1824).

En 1806, Antoine César est reçu à l'examen d'entrée de la prestigieuse et toute récente École polytechnique. De 1810 à 1812, il participe activement à la guerre d'Espagne initiée par Napoléon. A l'âge de 27 ans, il quitte l'armée et commence une carrière scientifique fructueuse qui va durer plus de 60 ans. En 1828, il est élu membre de

l'Académie des sciences et, dix ans plus tard, il obtient la chaire de physique du Muséum d'histoire naturelle qui fut créée à sa demande. La plupart de ses travaux portent sur l'électricité, l'optique, la phosphorescence, l'électrochimie, les engrais chimiques et la météorologie. Il était en avance sur son temps quand, en 1829, il invente la première cellule électrochimique capable de fournir un courant stable. Celle-ci est connue de nos jours sous l'appellation de « pile Daniell » du nom de son inventeur anglais qui l'a redécouverte en 1836. Antoine-César est entré en politique en consacrant une partie de sa vie en tant que maire et conseiller général du Loiret. Il mourut le 18 janvier 1878.

* Groupe de radiochimie, Institut de Physique Nucléaire, Université Paris XI, 91406 Orsay. Tél. : 01.69.15.73.46. Fax : 01.69.15.71.50. E.mail : genet@ipno.in2p3.fr

** Exposé présenté le 15 mai 1997 à la Maison de la Chimie, dans le cadre de la célébration du Centenaire de la découverte de la Radioactivité par Henri Becquerel.

Alexandre Edmond Becquerel (1820-1891)

Alexandre Edmond était le second fils d'Antoine César Becquerel et de Aimée Cécile Darlu (1794-1883). Il entra à l'École normale supérieure en 1838 et fut reçu, l'année suivante, à l'École polytechnique. Cependant, sur les conseils de son père, il arrêta ses études et devint son assistant au Muséum. A partir de ce moment et pour les 50 années qui suivirent, il se consacra à la recherche, soit seul, soit en collaboration avec son père. Dans les publications communes qu'ils ont réalisées, les noms des auteurs apparaissaient comme Becquerel et Edmond Becquerel, les premiers prénoms d'Antoine et César étant volontairement omis compte tenu de sa notoriété.

Le fils et le père ont publié de nombreux articles sur la pyrométrie, l'électrochimie, le magnétisme et les effets chimiques de la lumière. Ce dernier thème fut choisi par Alexandre Edmond comme son sujet de thèse. Celle-ci fut soutenue en 1840 et l'a conduit à l'invention d'un actinomètre électrochimique. Très tôt dans sa carrière, il fut attiré par le procédé photographique qui venait récemment d'être amélioré par Daguerre. Alexandre Edmond consacra dix ans de sa vie à essayer de mettre au point un procédé pour la photographie couleur, mais ces photos en couleur n'étaient seulement stables que dans l'obscurité ! Il est possible que, durant cette période, il soit entré en contact avec Abel Niepce de Saint-Victor dont nous parlerons ultérieurement.

En 1852, Alexandre Edmond a obtenu un poste de professeur en physique appliquée au Conservatoire National des Arts et Métiers. Il a, entre autres, construit un « phosphoroscope » qui permettait de mesurer la phosphorescence des minéraux et de certains composés synthétiques. Il a montré que leur émission de lumière était due à des impuretés présentes dans les matériaux phosphorescents et il est ainsi devenu un pionnier dans l'analyse des sels d'uranium en utilisant leur propriété de luminescence. Il a aussi découvert dans le spectre solaire des raies dans l'ultraviolet (en 1852) et dans l'infrarouge (en 1873).

Alexandre Edmond fut élu membre de l'Académie des sciences en 1863 et devint président de cette institution en 1881. Il a toujours eu une profonde vénération pour son père. Il lui succédera en tant que professeur de physique au Muséum pendant plusieurs années.

Antoine Henri Becquerel (1852-1908)

Le troisième Becquerel (figure 1), Antoine Henri, fut le plus célèbre. Il est né le 15 décembre 1852 en étant le premier fils d'Alexandre Edmond et d'Aurélie Quénard (1829-1890). Ces parents ont eu un second fils André Paul cinq ans plus tard. Henri a vécu une enfance heureuse jouant dans le Jardin des Plantes près du laboratoire de son père et de la maison familiale qui se tenait au 57 de la rue Cuvier. Il entra à l'École polytechnique en 1872 où il rencontra son ami, Henri Deslandres, qui deviendra le fameux astronome. Après une scolarité de deux ans, il poursuit ses études pendant trois années supplémentaires à l'École des Ponts et Chaussées mais, avant de recevoir son diplôme d'ingénieur, il commence à travailler avec son père sur un projet de recherche qui va les conduire à la découverte des propriétés magnéto-optiques de certains composés.

Après la mort de sa femme, en 1878, il quitte son appartement de la rue Gay-Lussac pour aller vivre avec son père qui, à ce moment là, avait remplacé Antoine César à la chaire de physique du Muséum. Au même moment, Antoine Henri remplace son père sur le poste d'assistant naturaliste dans le même laboratoire.

En 1876, Antoine Henri devient « répétiteur » à l'École polytechnique pour être, cinq ans plus tard, « répétiteur adjoint » avec un salaire annuel de 2 500 francs. Il était déjà connu pour sa découverte sur les propriétés magnétiques des gaz et pour ses travaux sur la rotation de la lumière polarisée induite par un champ magnétique. Il était très adroit dans la conception et la réalisation d'expériences de petites dimensions et avec un budget très restreint.

Au cours des années 1883-1884, il a poursuivi des travaux sur les spectres d'émission infrarouge du soleil et des vapeurs métalliques. Parallèlement, il a effectué une analyse très minutieuse sur la disparition de la phosphorescence par « recuit » des composés avec de la lumière infrarouge. Le 15 mars 1888, il soutient sa thèse intitulée : « Recherches sur l'absorption de la lumière ».

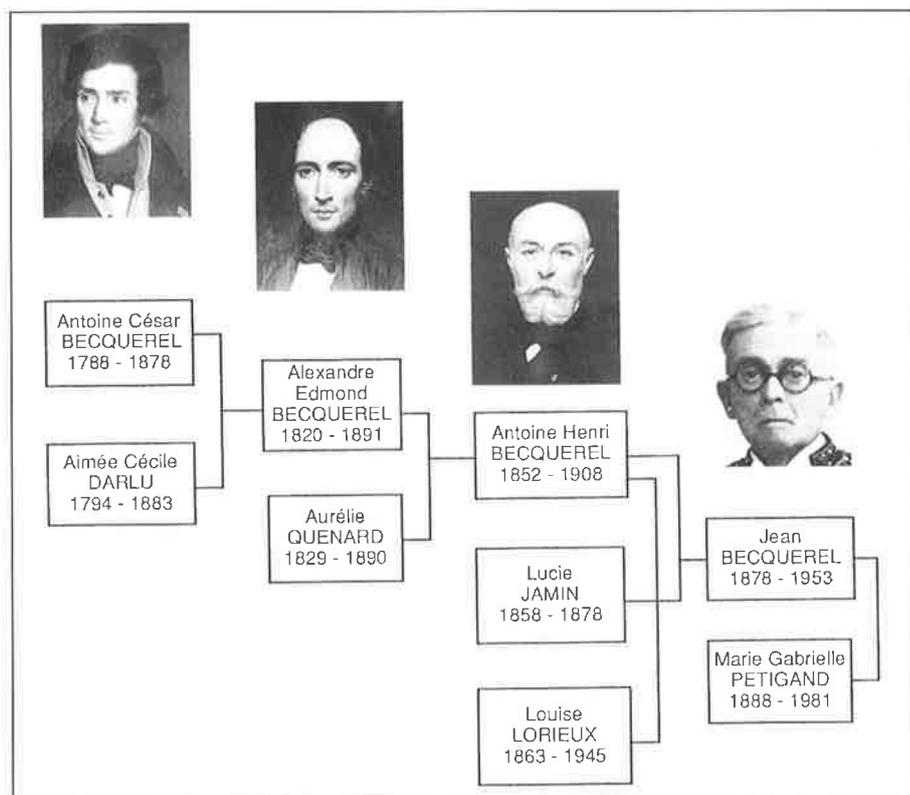


Figure 1 - La lignée des quatre générations de Becquerel.

Antoine Henri s'est intéressé, depuis 1886, à l'absorption de la lumière par les cristaux, il a montré toute l'importance de la symétrie du cristal lors de l'absorption de lumière polarisée. Il a noté que les composés d'uranium tétravalents n'étaient pas phosphorescents tandis que ceux de sels d'uranyle (composés d'uranium hexavalents) présentaient une luminescence très intense pour des conditions d'excitation identiques. On notera au passage que c'est la seconde fois qu'un membre de la famille Becquerel effectue des expériences sur l'uranium. Comme son père, Antoine Henri était fasciné par les phénomènes de phosphorescence, en particulier ceux de l'uranium et personne à ce moment là ne pouvait soupçonner le secret qui était caché derrière ce mystérieux élément. Cette étrange coïncidence entre les Becquerel et l'uranium peut être considérée comme un signe prémonitoire ou comme le premier pas vers une découverte majeure.

Il est à noter que, en 1852, G. G. Stokes avait donné une définition de la fluorescence qui n'a pas été retenue par Alexandre Edmond Becquerel. En effet, ce dernier comme son fils Antoine Henri n'ont jamais accepté de faire la différence entre fluorescence et phosphorescence [2].

Agé de 36 ans le 27 mars 1889, Antoine Henri entre à son tour à l'Académie des sciences en remplacement du chimiste Marcellin Berthelot (1828-1907), qui fut élu au poste de secrétaire perpétuel. Indépendamment de ces positions honorifiques et de sa renommée, il continua à travailler sans relâche et publia, en 1890, un très long article sur la température des sols, complétant ainsi un travail qu'il avait entrepris en collaboration avec son grand père. A partir de 1891, Antoine Henri a dispensé des cours dans plusieurs endroits : le Muséum, le Conservatoire National des Arts et Métiers et l'École polytechnique où il remplaça, en 1895, en tant que professeur de physique, Alfred Potier souffrant. Il fut élu à ce poste contre le gré d'Alfred Cornu, professeur à l'École et président de l'Académie des sciences, car il n'y avait que deux candidats à se présenter et le rival d'Antoine Henri, René Colson, n'avait pas un dossier suffisamment étoffé.

Un an après la célébration du centenaire de l'École polytechnique, Henri Becquerel commence à y enseigner la physique. Ses cours à l'École comme au Muséum n'étaient pas bien perçus et pourtant il les préparait soigneusement. Suivant les dires de ses étudiants, ses prestations étaient difficiles à suivre et sa pédagogie d'une grande pauvreté. Cependant, en dépit d'une mauvaise élocution et de raisonnements obscurs, il forçait le respect de son auditoire.

Au cours de la traditionnelle fête annuelle de l'École polytechnique, « Séance des Ombres », les étudiants avaient l'habitude de plaisanter à propos de la manière d'enseigner d'Antoine Henri. Un extrait d'un pamphlet satirique de l'année académique 1897-1898 est reproduit figure 2.

Le langage moderne portant sur l'optique, l'électricité, le magnétisme et les radiations, couramment utilisé par la famille Becquerel, était difficile à com-

prendre. Curieusement, Antoine Henri a mentionné l'existence des rayons uraniques dans ses cours à l'École polytechnique deux ans après la découverte et il a consacré à cet événement capital seulement une vingtaine de lignes [3] (figure 3).

Jean Becquerel (1878-1953)

La première femme d'Antoine Henri Becquerel, Lucie Jamin (1858-1878) était la fille de Jules Célestin Jamin, lui-même professeur de physique à l'École polytechnique. Elle a eu avec Antoine Henri un fils Jean qui est né le 5 février 1878. Le très célèbre arrière grand-père Antoine César est décédé le 18 janvier de la même année sans avoir connu le dernier membre de la dynastie Becquerel. La mère de Jean, malheureusement, mourut le 18 mars 1878 à l'âge de vingt ans sans avoir pu se remettre de son accouchement. A la

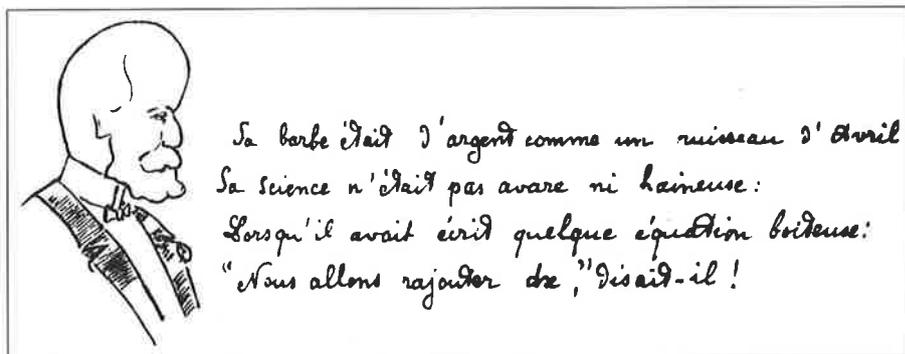


Figure 2 - Extrait d'un pamphlet satirique pour la fête « Séance des ombres » des étudiants de l'École polytechnique (avec l'autorisation des Archives de l'École polytechnique).

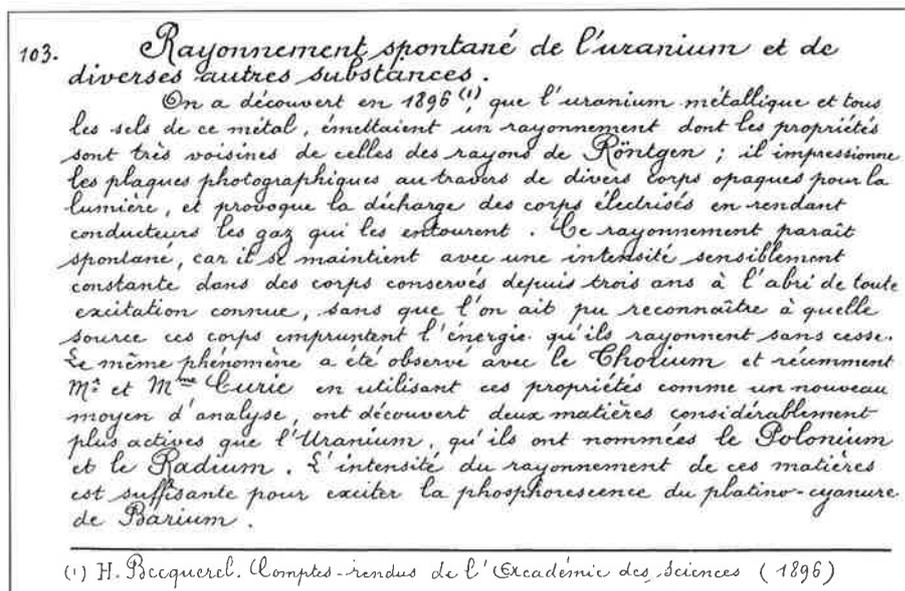


Figure 3 - A.H. Becquerel mentionne seulement en 1898, l'existence des rayons uraniques dans ses cours de l'École polytechnique (avec l'autorisation des Archives de l'École polytechnique).

suite du décès de sa mère, Jean fut donc élevé par sa grand-mère Aurélie et son arrière grand-mère Aimée Cécile.

Le 14 Août 1890, Antoine Henri Becquerel se remarie avec Louise Désirée Lorieux, qui a douze ans de moins que lui. Elle prend soin de Jean comme une seconde mère au moment où sa grand mère Aurélie décède.

Comme ses glorieux ancêtres, Jean passe avec succès le concours d'entrée à l'École polytechnique et réussit, comme son père, l'École des Ponts et Chaussées en 1899. Il obtient la chaire de physique appliquée au Muséum en 1909.

La carrière scientifique de Jean débute avec le XX^e siècle, au moment où des découvertes fondamentales viennent révolutionner la physique et la chimie. Cependant, Jean Becquerel poursuit sur la lignée de ses prédécesseurs Edmond et Henri. Il se passionne pour les propriétés optiques et magnétiques des cristaux avec un intérêt particulier pour l'effet Zeeman. Il utilise les toutes nouvelles techniques de basses températures pour améliorer son appareillage, ce qui le conduit à montrer l'existence de la polarisation rotatoire magnétique. A partir de 1924 et pendant 25 ans, il poursuit une tradition familiale en étant « premier répétiteur » et, plus tard, « examinateur » à l'École polytechnique. En 1939, juste avant la Seconde Guerre mondiale, il découvre le métamagnétisme. En janvier 1946, il est élu à l'Académie des sciences en remplacement de Jean Perrin.

Sur la fin de sa vie, il était particulièrement intéressé par les aspects modernes de la physique comme l'expansion de l'univers, les théories relatives à la cosmologie ainsi que par la radioactivité, l'énergie nucléaire et la relativité restreinte.

Jean Becquerel mourut, comme son père, d'une crise cardiaque le 4 juillet 1953 dans leur maison de campagne en Bretagne. Il a été marié deux fois, mais n'a pas eu d'enfants. Avec sa mort, le nom des Becquerel disparaît de la scène scientifique.

La dynastie des Becquerel est aussi unique au regard des événements qui se sont répétés sur quatre générations : tous élèves à l'École polytechnique (où Henri et Jean ont enseigné la physique),

tous professeurs de physique au Muséum et enfin tous membres de l'Académie des sciences.

La découverte de la radioactivité par Henri Becquerel à la fin du XIX^e siècle doit être considérée à la lumière des traditions introduites par Antoine César et Alexandre Edmond. Si l'on ne tient pas compte d'une certaine continuité dans les événements, on ne peut pas comprendre le succès des recherches poursuivies par trois générations de Becquerel. La révolution dans le domaine de la physique et le cercle de grands scientifiques français proches des Becquerel furent des facteurs déterminants qui ont conduit à cette découverte majeure. Ainsi, Gaspard Monge, le fondateur de l'École polytechnique, a été le professeur de mathématiques d'Antoine César qui eut également dans ses relations l'abbé René-Just Haüy (1743-1822), le père de la minéralogie. Il devint également l'ami du chimiste Louis Joseph Gay-Lussac (1778-1850) quand il fit son entrée à l'Académie des sciences. Au Muséum, Antoine César et Edmond ont fréquenté Michel Eugène Chevreul (1786-1889). Edmond était un contemporain du chimiste Eugène Péligot (1811-1890) qui prépara pour la première fois de l'uranium à l'état métallique en 1841.

En tant que fondateur de la dynastie, une statue d'Antoine César fut érigée dans son village natal de Chatillon-Coligny où il existe un musée en partie dédié à la famille Becquerel.

La découverte des rayons uraniques

En amont de la découverte

Le XIX^e siècle a été très riche en nouvelles techniques. Nicéphore Niepce (1765-1833) a inventé la photographie et il communiqua sa passion à son neveu Abel Niepce de Saint-Victor (1805-1870) qui a passé, depuis 1851, environ quinze ans de sa vie à travailler sur l'héliochromie. A la même époque, fluorescence et phosphorescence étaient déjà connues, et Edmond Becquerel essayait de fixer la photographie couleur sur papier. De son côté, Abel Niepce cherchait à savoir si un

composé exposé à la lumière ou au soleil pouvait conserver une « mémoire » de cette exposition lorsqu'il était ensuite placé dans l'obscurité. La réponse à cette question a été fournie dans une première série d'articles (1857-1858) [4-7] qui furent présentés à l'Académie des sciences par Chevreul, qui n'a cessé de suivre attentivement et d'encourager les travaux d'Abel Niepce dont les principaux résultats peuvent être résumés de la façon suivante :

– Quelques composés exposés d'abord à la lumière présentent ensuite dans le noir le même effet que celui produit par une action directe de la lumière.

– Des morceaux de carton imprégnés avec une solution de nitrate d'uranium, ou de l'acide tartrique sont également « actifs », l'intensité du phénomène étant plus forte pour le nitrate d'uranium.

– « L'activité » présente dans le carton exposé à la lumière est révélée à l'aide d'une plaque photographique.

– « L'activité » est durable et agit à distance dans l'obscurité, elle ne traverse pas le verre.

– Cet effet n'est pas dû à la phosphorescence.

– Finalement, « l'activité » est attribuée à des « rayons chimiques » invisibles.

Il est surprenant de voir combien ces expériences sont proches de celles que Henri Becquerel réalisera trente ans plus tard. Cependant, plusieurs questions restent sans réponse :

– Abel Niepce mentionne que le carton doit être imprégné avec une solution de sels d'uranium jusqu'à ce que la couleur devienne jaune comme de la paille. Cette quantité d'uranium était-elle suffisante pour noircir la plaque photographique ?

– Quel était le temps de contact entre le carton imprégné et la plaque photographique ?

– Quelle était la véritable sensibilité de la plaque photographique ? A cette époque, il s'agissait d'un procédé humide au collodion alors que Becquerel a sans doute utilisé des plaques sèches en verre au gélatino-bromure d'argent, produites par la Société des frères Lumière.

Aujourd'hui, ces expériences ne peu-

vent être reproduites suivant leurs conditions originales. J. Orceel et F. Kraut [8] ont soigneusement examiné le rôle joué par Abel Niepce et ont conclu que, même s'il avait réalisé les « bonnes expériences », il n'a pas pu proposer une interprétation correcte. Une confusion similaire est apparue lors de la découverte des rayons uraniques par Becquerel, mais le grand mérite de ce dernier a été de faire la preuve que l'effet observé était bien dû à l'uranium.

L'erreur fructueuse d'Henri Poincaré

A la fin du XIX^e siècle, le tube de Crookes était devenu un instrument familier des laboratoires de physique pour la production de rayons cathodiques. Ces rayons étaient émis quand une décharge électrique était établie entre deux électrodes placées dans un récipient en verre contenant un gaz à faible pression. On savait aussi que les rayons cathodiques, qui traversent la fine paroi du tube de verre, avaient la propriété d'exciter la fluorescence d'un écran de platino-cyanure de baryum.

Le 8 novembre 1895, Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923), professeur de physique à l'université de Würzburg en Allemagne, a essayé d'arrêter ces rayons avec un morceau de carton et il a observé que l'écran était toujours luminescent. Cette luminescence ne pouvait être atténuée qu'en interposant entre le tube et l'écran une substance assez dense comme un morceau de bois ou une épaisse feuille d'aluminium. Quand l'écran était remplacé par une plaque photographique, celle-ci était rapidement noircie. Ces radiations qui se comportaient comme de la lumière invisible et qui traversaient de la matière dense et opaque étaient inconnues, c'est pourquoi Röntgen les appela rayons X, car la lettre X était le symbole habituellement utilisé par les mathématiciens pour désigner une entité inconnue.

La nouvelle de cette découverte s'est rapidement propagée dans toute l'Europe et fut accompagnée de la première radiographie réalisée par Röntgen à partir de la main de sa femme Bertha. L'image montrait clairement les os de cette main ainsi que la bague qu'elle portait. La photographie fut reproduite

dans tous les journaux accentuant l'effet magique produit par ces rayonnements qui étaient capables de révéler la partie invisible des corps.

Le mathématicien Henri Poincaré (1854-1912) et Henri Becquerel ont commenté les travaux de Röntgen à la séance hebdomadaire de l'Académie des sciences du 20 janvier 1896. Poincaré a fait remarquer que les rayons de Röntgen semblaient être émis à partir de l'endroit où, sur le tube de Crookes, on observait à l'œil une fluorescence. Dans ces conditions, il suggéra que d'autres substances fluorescentes qui émettent de la lumière visible pourraient émettre aussi des rayons X invisibles (on sait maintenant que les rayons X étaient émis à cause de l'interaction entre les rayons cathodiques et le verre qui jouait le rôle d'anticathode).

En moins de deux semaines, Charles Henry, G. H. Niewenglowski, L. Troost et M. d'Arsonval, en étudiant différents composés fluorescents, montrent que l'hypothèse d'Henri Poincaré se confirme. Pour sa part, d'Arsonval détecte même un effet s'il interpose un verre d'urane (verre fait avec de l'oxyde d'uranium) entre la plaque photographique et la source de fluorescence !

Henri Becquerel savait que la fluorescence du sulfure de zinc ou du sulfure de calcium, respectivement utilisés par Charles Henry et G.H. Niewenglowski, était due à la présence d'impuretés dans ces cristaux. Les seuls composés véritablement phosphorescents, sans faire appel à une impureté, étaient les sels d'uranium. Henri Becquerel a pensé que la quantité importante d'uranium que contenaient ces composés devrait produire un effet plus important qu'un élément seulement présent à l'état de traces dans les sulfures. Il a donc choisi d'effectuer ses tests avec le sulfate double d'uranyle et de potassium. Ce composé était placé sur une plaque photographique enveloppée dans du papier noir, puis le tout était exposé au soleil pour rendre l'uranium phosphorescent. Il a montré, dans sa communication à l'Académie des sciences du 24 février 1896, que la phosphorescence de l'uranium avait bien provoqué l'impression de la plaque, même à travers une feuille d'aluminium et confirme, lui aussi, l'hypothèse de Poincaré.

Une semaine plus tard, Henri Becquerel décrit les résultats d'une autre expérience accomplie dans des conditions similaires. Lorsque le montage expérimental fut prêt, Becquerel dut le laisser dans le tiroir de son bureau car le temps n'était pas assez ensoleillé. Après deux jours, les mercredi 26 et jeudi 27 février, le soleil apparaît de nouveau et Henri Becquerel décide de recommencer son expérience. Cependant, avant de changer la plaque photographique qui était restée dans l'obscurité en contact avec les sels d'uranium, il décide de la développer quand même. A sa grande surprise, il observe le noircissement de la plaque avec un effet même plus intense que pour celle qui avait été exposée pendant quelques heures à la lumière solaire. Il en conclut que l'exposition de l'uranium au soleil n'est pas nécessaire pour provoquer l'impression de la plaque photographique. Ce résultat inattendu ne pouvait seulement être interprété qu'en supposant l'existence d'une radiation très pénétrante émise spontanément par l'uranium. Cette observation capitale était faite le samedi 29 février 1896, (c'était une année bissextile) et fut présentée à la séance de l'Académie des sciences le lundi suivant, le 2 mars 1896 [10]. Dans la même communication, il vérifie aussi que l'absorption de « l'activité radiante » croît avec l'épaisseur d'une feuille de cuivre placée entre les sels d'uranium et la plaque photographique [10]. Puis il remarque que ces radiations rendent l'air conducteur et qu'elles peuvent entraîner la décharge d'un électroscope [11]. Cette observation sera très utile lors de la conception d'un nouveau type de détecteur.

Ensuite, Henri Becquerel montre que ces rayonnements sont présents dans tous les composés qui contiennent de l'uranium. Il fait aussi la preuve expérimentale que ces radiations pénétrantes peuvent être réfléchies et réfractées [11], ce qui fut infirmé dans des expériences ultérieures. Dans la note aux *Comptes Rendus de l'Académie des sciences* du 23 mars, il est rapporté que les composés phosphorescents ne contenant pas d'uranium sont sans effet alors que le sulfate uraneux, qui n'est pas phosphorescent, provoque le noircissement de la plaque [12]. Dans

l'article suivant, Becquerel compare deux méthodes de détection pour ces radiations, à savoir la plaque photographique et l'électroscope [13].

Deux mois plus tard, le 18 mai, à la séance de l'Académie des sciences, Henri Moissan (1852-1907) décrit la préparation et les propriétés de l'uranium métallique [14], ce qui permet à Becquerel de montrer que l'activité est plus intense avec le métal qu'avec ces composés. De plus, il démontre que tous les composés d'uranium sont actifs et que le phénomène observé est indépendant de l'état physique de l'uranium. Le même effet est observé si le sel d'uranium se trouve à l'état fondu, dissous, ou sous forme cristallisée [15]. Il est maintenant clair pour Becquerel que l'effet est produit par l'uranium lui-même avec émission de rayons pénétrants. Dans sa dernière note aux *Comptes Rendus* pour l'année 1896, Henri Becquerel utilise pour la première fois les termes de « radiations uraniques » et « rayons uraniques » [16], que d'autres appelleront « rayons Becquerel ».

La naissance de la radioactivité

Au moment de la découverte, personne ne prête vraiment attention aux rayons Becquerel, contrairement à ce qui s'était passé pour les rayons X. Non seulement les journaux grand public ne relatent pas l'événement, mais même la communauté scientifique ne réalise pas l'importance du phénomène. Henri Becquerel lui-même se désintéresse petit à petit de ce qu'il a trouvé. En 1896, entre les mois de février et novembre, il a publié 7 notes aux *Comptes Rendus de l'Académie des sciences* [9-13, 15-16], deux en 1897 [17-18], aucune en 1898, et une seule en 1899 [19]. Deux ans après sa découverte, il est plus intéressé, en compagnie de son fils, par les études de l'effet Zeeman que par les rayons uraniques.

Pourtant, la nature réelle de ces radiations reste inconnue et la source de l'énergie transportée par les rayonnements demeure inconnue mais, apparemment, personne ne se préoccupe de ces questions. En 1898, un seul article de G. Sagnac « Luminescence et rayons X » mentionne l'existence des rayons uraniques [20].

La découverte de Becquerel tombe pratiquement dans l'oubli. Elle va ressortir dès les premiers mois de 1898 lorsque Marie Sklodowska-Curie (1867-1934) en France [21], et Gerhardt C. Schmidt (1865-1949) en Allemagne [22], montrent, indépendamment l'un de l'autre, que les composés de thorium présentent une activité similaire à celle de l'uranium. Au même moment et sans aucune relation avec Marie Curie, Ernest Rutherford (1871-1937), à Cambridge, commence ses propres recherches sur les rayons Becquerel. Le terme « radioactivité » est introduit par Marie Curie après qu'elle ait découvert avec Pierre Curie (1859-1906) le polonium [23] et le radium [24], alors qu'Ernest Rutherford et Frédérick Soddy (1877-1956) travaillent sur la nature des rayonnements produits lors des décroissances radioactives [25].

Après les succès médiatiques de Marie Curie, Henri Becquerel revint dans le domaine de la radioactivité. Il reçut un échantillon de radium des Curie avec lequel il réussit à séparer les particules α et β émises par ce radioélément, alors que Friedrich Oscar Giesel (1852-1927), en Allemagne, était en train de réaliser la même expérience. En 1900, Henri Becquerel a manqué de très peu la découverte des rayons gamma qui fut accordée à Paul Villard (1860-1934). En 1903, il a publié un « Mémoire » à l'Académie des sciences qui est une revue exhaustive de toutes ses investigations sur la radioactivité [26].

En aval de la découverte

La découverte d'Henri Becquerel lui a apporté quelques petits ennuis. Les travaux d'Abel Niepce de Saint-Victor, vieux de trente ans, ont été ressortis et beaucoup ont prétendu qu'Henri Becquerel connaissait l'existence de ces publications avant même d'effectuer ses propres recherches sur l'uranium. Plusieurs faits semblent étayer ces insinuations. En effet, Alexandre Edmond, le père d'Henri, a donné de nombreux détails concernant Abel Niepce dans un livre intitulé : « *La lumière : ses causes et ses effets* » publié en 1869 [27]. D'autre part, Henri Carrington Bolton (1843-1903) a rapporté, dans un article

de 1869, les travaux d'Abel Niepce en mentionnant : « *la propriété remarquable qu'avait le nitrate d'uranium d'absorber les rayons « actiniques » de la lumière en les retenant sous une forme active pendant un temps long* » [28]. Enfin, en 1866 et 1869, J. Jamin, le premier beau-père d'Henri, discutait dans ses cours à l'École polytechnique les résultats d'Abel Niepce.

Le doute s'installe même après 1896, il est entretenu par G. H. Niewenglowski, en 1897, et les expériences d'Abel Niepce sont évoquées en 1905 dans le livre de Gustave Le Bon : « *Évolution de la matière* » [29], dans lequel Henri Becquerel est très sérieusement attaqué et même accusé de plagiat. En tant que scientifique, Henri a certainement été très marqué par ces reproches non mérités. Dans cette situation inconfortable où il est mal à l'aise, il va rester silencieux, et chacun peut imaginer que cette controverse a sans doute beaucoup contribué à la décroissance de son activité pendant les deux ans qui ont suivi la découverte.

En 1908, les intrigues persistent puisque Lucien Poincaré fait à nouveau état des premiers travaux d'Abel Niepce [30]. L'ensemble de ces faits est passé en revue par Paul et Josette Fournier dans une publication très bien documentée [31].

Dans un article de 1965 intitulé : « *Radioactivity before the Curie* » [32], Lawrence Badash relate qu'un chercheur anglais, Silvanus P. Thompson, a réalisé une expérience avec des sels d'uranium et une plaque photographique à la fin du mois de février 1896. L'effet observé a été appelé « hyperphosphorescence ». Il s'avère cependant que S. P. Thompson était plus intéressé par le noircissement de la plaque par les rayons X que par les sels d'uranium. Le 6 juin 1896, il a publié ses résultats confirmant ceux de Becquerel obtenus trois mois plus tôt [33], puis s'est livré à une série de conférences à Londres qui ont fait l'objet d'un ouvrage [34].

Des révélations encore plus surprenantes ont été apportées par Gabriel Bertrand (1867-1962), qui fut un biochimiste contemporain d'Henri Becquerel. Lors de la célébration du cinquantième anniversaire de la découverte de la radioactivité, il se souvient de détails étranges qu'il révèle en

novembre 1946 dans une note aux *Comptes Rendus* [35]. L'histoire mérite d'être racontée. En 1886, Gabriel Bertrand se trouvait au Muséum pour suivre les cours de l'École de chimie dirigée par Edmond Frémy (1814-1894). Trois ans plus tard, il passe son examen final et obtient un poste de chercheur. Son laboratoire au Muséum était près de celui de Becquerel. A la fin de 1893, Henri Becquerel vient trouver Gabriel Bertrand pour poser une question à jeune chimiste : « *quel est votre avis à propos du noircissement d'une plaque photographique restée pendant plusieurs jours en contact avec un morceau de pechblende ?* ». G. Bertrand répondit qu'il avait déjà eu l'occasion d'analyser ce minéral et avait trouvé qu'il contenait une certaine quantité de sulfures. Il suggéra à Becquerel que de l'hydrogène sulfuré pourrait être libéré et pourrait réduire les sels d'argent de la plaque, cette réaction étant initiée et favorisée par l'humidité de l'air. Il proposa, dans ces conditions, de vérifier cette hypothèse en plaçant une feuille de papier imprégnée d'acétate de plomb entre la plaque photographique et le minéral d'uranium, de façon à détecter et piéger la présence de vapeurs d'hydrogène sulfuré. G. Bertrand prépara ce papier et l'apporta quelques jours plus tard à Becquerel qui lui dit que cette expérience de contrôle devenait inutile car il avait déjà trouvé l'explication correcte du phénomène... !

La question de savoir si Becquerel a effectivement trouvé la bonne réponse deux ans avant mars 1896 reste ouverte. Dans l'affirmative, pourquoi n'a-t-il jamais rien dit à ce propos ? Est-ce que son interprétation du moment s'est révélée fautive plus tard ?

De cette anecdote, on peut seulement conclure que, à la fin du XIX^e siècle, Henri Becquerel était sûrement en mesure, grâce à une conjoncture scientifique favorable, de découvrir la radioactivité à travers l'assemblage d'un composé d'uranium et d'une plaque photographique. D'un côté, il a été dit qu'il avait eu beaucoup de chance, d'un autre, comme Louis Pasteur (1822-1895) le répétait « *la chance ne favorise que les esprits qui y sont déjà préparés* ». Henri Becquerel avait aussi l'habitude de dire que : « *qu'au terme*

de soixante ans de travaux effectués au même endroit (le Muséum), cela devait inévitablement conduire, au bon moment, à la découverte de la radioactivité ». Il rendait ainsi hommage à son père, voire à son grand père.

Le prix Nobel

Les prix Nobel de physique et de chimie furent créés en 1901. Le premier à recevoir cette récompense en physique fut W. C. Röntgen pour la : « *découverte de rayons remarquables* », puis le prix de 1902 fut partagé entre H. A. Lorentz et P. Zeeman pour leur recherche sur « *l'influence du magnétisme sur le rayonnement* ». Le 12 novembre 1903, l'Académie Royale des Sciences de Suède décida d'accorder la moitié du prix de physique à Henri Becquerel pour sa « *découverte de la radioactivité* » et l'autre moitié à Pierre et Marie Curie pour « *leur recherche commune sur les radiations découvertes par Henri Becquerel* ». Curieusement, le mot de radioactivité introduit par la famille Curie se trouvait associé au seul nom de Becquerel !

A cette époque, Pierre et Marie Curie n'étaient pas en mesure de se rendre à Stockholm pour la cérémonie de remise du prix. Celle-ci eut lieu un an et demi plus tard le 6 juin 1905, séance au cours de laquelle Pierre Curie fit un discours très remarqué. Pour sa part, Henri Becquerel reçut son prix le 10 décembre 1903, il souligna dans son allocution détaillée l'histoire de sa découverte.

Le prix, d'un montant de 100 000 francs, était le bienvenu pour les Curie qui vivaient de façon modeste. Marie Curie était dans l'attente de la naissance de sa seconde fille Ève, et Pierre était à la recherche d'un poste plus rémunérateur. Compte tenu du tempérament des époux Curie, une partie de cette somme a sans doute dû être consacrée à l'acquisition de nouveaux équipements pour leur laboratoire et à l'achat d'une petite quantité de radium, denrée rare et chère.

De son côté, la famille Becquerel bénéficiait d'un statut social complètement différent, elle vivait luxueusement et appartenait à la bourgeoisie parisienne. Dans leur appartement de la rue Durmont d'Urville, Antoine Henri avait

rassemblé plusieurs appareils scientifiques qui avaient été construits et utilisés par Alexandre Edmond et Antoine César. La gravure ci-jointe (figure 4), tirée d'un journal de l'époque, représente les Becquerel en compagnie de leur fils Jean dans la bibliothèque de leur appartement.



Figure 4 - Henri Becquerel, sa femme et son fils Jean dans leur bibliothèque.

Conclusion

Il est clair, en cette fin de XIX^e siècle, que la découverte de la radioactivité arrive au bon moment. Elle suit immédiatement celle des rayons X en 1895 et précède celle de l'électron par J.J. Thomson en 1897, elle-même suivie en 1898 par la découverte des éléments polonium et radium. Tous ces événements ont fortement ébranlé la communauté scientifique contemporaine. Les lois de la thermodynamique et la notion de conservation de la masse ont dû être révisées à travers de nouveaux concepts basés sur la conservation de l'énergie. Le domaine de l'électromagnétisme fut obligé de s'étendre pour inclure les nouvelles radiations (X et rayons γ), et la découverte des nouveaux éléments a contribué à préparer l'extension de la classification périodique.

De nos jours, les conséquences de la découverte de la radioactivité sont si importantes qu'il est difficile de comprendre pourquoi l'annonce de mars 1896 est restée dans l'ombre pendant deux ans et n'a pas été reconnue en son temps par les scientifiques comme une

avancée majeure de la science. Seule une réponse partielle peut être apportée à cette question : tout d'abord, le nombre de scientifiques était relativement restreint, environ une centaine en France, ensuite la découverte n'a pas été personnellement exploitée par Antoine Henri qui la considérait comme un prolongement naturel des travaux entrepris de longue date par sa famille. Ce point particulier est très bien analysé dans un texte publié par O. Lodge [36] qui rapporte les propos de Becquerel : « *il était tout à fait normal que la découverte de la radioactivité soit faite dans notre laboratoire et si mon père avait été encore en vie en 1896, c'est lui qui aurait dû la faire* ».

Remerciements

L'auteur tient tout particulièrement à remercier Jean-Pierre Adloff pour ses commentaires et la révision du manuscrit, ainsi que Madame F. Masson, Conservateur en chef de la bibliothèque de l'École polytechnique, pour la reproduction de documents appartenant aux « Archives de l'École Polytechnique » de Palaiseau.

Bibliographie

L'auteur de cet article s'est inspiré de nombreuses publications relatives à la radioactivité et à la famille Becquerel et parmi celles-ci :

L. Badash, Chance favoured the prepared mind : Henri Becquerel and the discovery of Radioactivity, *Archives Internationales d'Histoire des Sciences*, **1965**, 18, p. 55.

L. Barbo, La radioactivité. Histoire d'une découverte, *Centre d'Histoire des Sciences et des Techniques, Université de Nantes*, **1990-1991**, 18.

J.L. Basdevant, L'enseignement d'Henri Becquerel à l'École polytechnique (1885-1908), *Bulletin de la Société des Amis de la Bibliothèque de l'École polytechnique*, **1988**, p. 2.

J. Warschnitter, *La saga des Becquerel*, Imprimerie Giennoise, Gien, avril **1996**.

Références

- [1] Rebière A., *Les savants modernes*, Paris, Librairie Nony, **1899**.
- [2] Harvey E.N., *American Physical Society, A history of luminescence*, Philadelphia, **1957**, p. 390.
- [3] Becquerel H., *Cours de physique*, École polytechnique 2e Division, **1898-1899**.
- [4] Niepce de Saint-Victor A., Mémoire sur une nouvelle action de la lumière, *C. R. Acad. Sciences*, Paris, **1857**, 45, p. 811.
- [5] Niepce de Saint-Victor A., Deuxième mémoire sur une nouvelle action de la lumière, *C. R. Acad. Sciences*, Paris, **1858**, 46, p. 448.
- [6] Niepce de Saint-Victor A., Cinquième mémoire sur une action de la lumière inconnue jusqu'ici, *C. R. Acad. Sciences*, Paris, **1861**, 53, p. 33.
- [7] Niepce de Saint-Victor A., Sixième mémoire sur une nouvelle action de la lumière, *C. R. Acad. Sciences*, Paris, **1867**, 65, p. 505.
- [8] Orcel J., Kraut F., Niepce de Saint-Victor et la découverte de la radioactivité, *Congrès des Sociétés Savantes*, Lyon, Section des Sciences, **1964**, 3, p. 93.
- [9] Becquerel H., Sur les radiations émises par phosphorescence, *C. R. Acad. Sciences*, Paris, **1896**, 122, p. 420.
- [10] Becquerel H., Sur les radiations invisibles émises par les corps phosphorescents, *C. R. Acad. Sciences*, Paris, **1896**, 122, p. 501.
- [11] Becquerel H., Sur quelques propriétés nouvelles des radiations invisibles émises par divers corps phosphorescents, *C. R. Acad. Sciences*, Paris, **1896**, 122, p. 559.
- [12] Becquerel H., Sur les radiations invisibles émises par les sels d'uranium, *C. R. Acad. Sciences*, Paris, **1896**, 122, p. 689.
- [13] Becquerel H., Sur les propriétés différentes des radiations invisibles émises par les sels d'uranium, et du rayonnement de la paroi anticathodique d'un tube de Crookes, *C. R. Acad. Sciences*, Paris, **1896**, 122, p. 762.
- [14] Moissan H., Préparation et propriétés de l'uranium. *C. R. Acad. Sciences*, Paris, **1896**, 122, p. 1088.
- [15] Becquerel H., Émission de radiations nouvelles par l'uranium métallique, *C. R. Acad. Sciences*, Paris, **1896**, 122, p. 1086.
- [16] Becquerel H., Sur diverses propriétés des rayons uraniques, *C. R. Acad. Sciences*, Paris, **1896**, 123, p. 855.
- [17] Becquerel H., Recherches sur les rayons uraniques, *C. R. Acad. Sciences*, Paris, **1897**, 124, p. 438.
- [18] Becquerel H., Sur la loi de la décharge dans l'air de l'uranium électrisé, *C. R. Acad. Sciences*, Paris, **1897**, 124, p. 800.
- [19] Becquerel H., Note sur quelques propriétés du rayonnement de l'uranium et des corps radioactifs, *C. R. Acad. Sciences*, Paris, **1899**, 128, p. 771.
- [20] Sagnac G., Luminescence et rayons-X. *Revue Générale des Sciences Pures et Appliquées*, **1898**, 9, p. 314.
- [21] Madame Sklodowska-Curie, Rayons émis par les composés de l'uranium et du thorium, *C. R. Acad. Sciences*, Paris, **1898**, 126, p. 1101.
- [22] Schmidt G. C., Sur les radiations émises par le thorium et ses composés, *C. R. Acad. Sciences*, Paris, **1898**, 126, p. 1264.
- [23] Curie P. et M., Sur une substance nouvelle radioactive, contenue dans la pechblende, *C. R. Acad. Sciences*, Paris, **1898**, 127, p. 175.
- [24] Curie P. et M., Bémont G., Sur une substance nouvelle radioactive, contenue dans la pechblende, *C. R. Acad. Sciences*, Paris, **1898**, 127, p. 1215.
- [25] Rutherford E., Soddy Fr., The cause and nature of radioactivity, *Philosophical Magazine and Journal of Science*, **1903**, 6, IV, p. 561 et 576.
- [26] Becquerel H., Recherche sur une propriété nouvelle de la matière, Activité radiante spontanée ou radioactivité de la matière, *Mémoires de l'Académie des Sciences*, Paris, **1903**, 46.
- [27] Becquerel E., La lumière : ses causes et ses effets, tome 2 : *Effets de la lumière*, Editeur F. Didot, Paris, **1868**, p. 50.
- [28] Bolton H.C., On the action of light on uranium, *Americ. J. of Sciences and Arts*, 2nd series, **1869**, 48, p. 206.
- [29] Le Bon G., *Évolution de la matière*, Éditeur Flammarion, Paris, **1905**, p. 21.
- [30] Poincaré L., *La Physique Moderne*, Éditeur Flammarion, Paris, **1908**.
- [31] Fournier P. et J., Niepce de Saint-Victor A. (1805-1870), Chevrel M.E (1786-1889) et la découverte de la radioactivité, *New. J. Chem.*, **1990**, 14, p. 785.
- [32] Badash L., Radioactivity before the Curies, *Americ. J. Phys.*, **1965**, 33, p. 128.
- [33] Thompson S. P., *Philosophical Magazine*, juillet **1896**, p.103.
- [34] Thompson S. P., *Radiations visibles et invisibles*, Éditeur Hermann, **1914**.
- [35] Bertrand G., Sur l'origine de la découverte de la radioactivité, *C.R. Acad. Sciences*, Paris, **1946**, 223, p. 698.
- [36] Lodge O., Becquerel Memorial Lecture, *J. Chem. Soc.*, **1912**, 101, p. 2005.