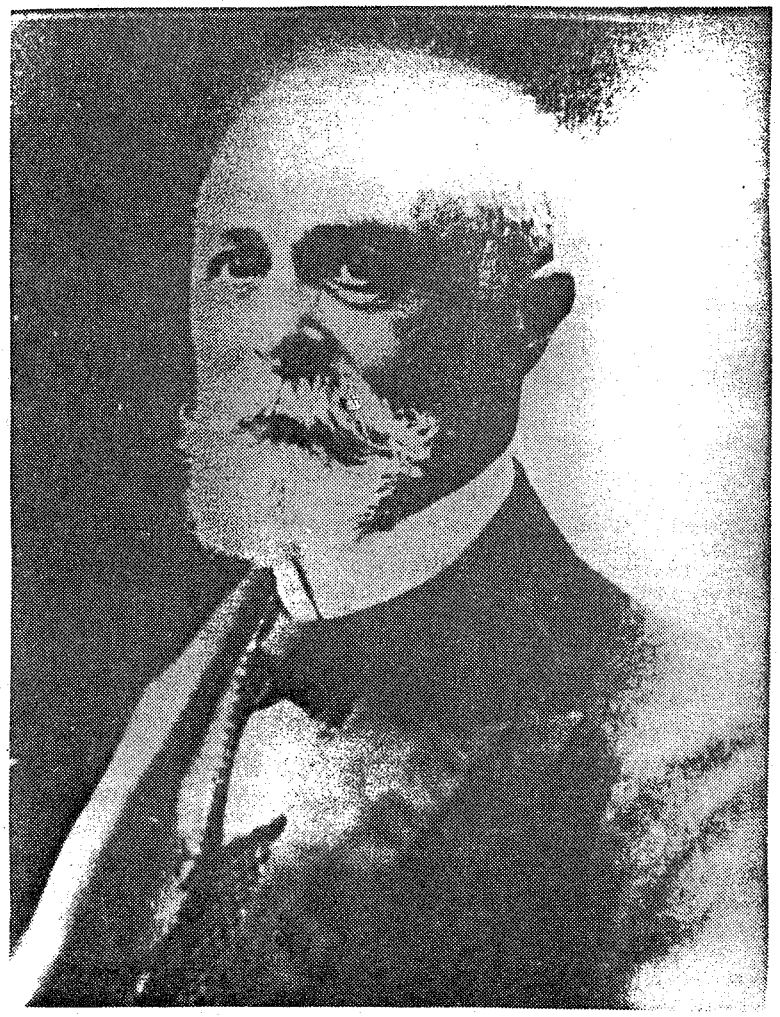

Henri Becquerel
Archives du Laboratoire Curie,
Institut du Radium, Paris.

Annales de la Fondation Louis de Broglie,
Vol. 11, n° 2, 1986

Henri Becquerel et la découverte de la radioactivité (A l'occasion du 90ème anniversaire)

par Józef HURWIC

Université de Provence
3, place Victor-Hugo
13331 MARSEILLE CEDEX 3

(manuscrit reçu le 15 Janvier 1986)

Résumé : En vérifiant une suggestion erronée de H. Poincaré selon laquelle la phosphorescence pourrait être à l'origine de la production de rayons X, H. Becquerel constate, en 1896, que l'uranium et tous ses composés émettent spontanément un rayonnement invisible qui agit sur la plaque photographique et ionise l'air, indépendamment de toute phosphorescence.

C'était une extraordinaire lignée de grands physiciens français : Antoine-César Becquerel (1788-1878), son fils Edmond (1820-1891), son petit-fils Henri (1852-1908) et son arrière-petit-fils Jean (1878-1953). Tous les quatre étaient, l'un après l'autre, professeurs de physique au Muséum National d'Histoire Naturelle. Tous les quatre étaient membres de l'Académie des Sciences à Paris.

Henri Becquerel est né le 15 décembre 1852 à Paris, dans la maison appartenant au Muséum qu'occupait sa famille depuis plusieurs années. Non seulement l'entourage mais toute la vie de cette famille était liée intimement à la tradition scientifique et gérée par des exigences de carrière dans la science.

Henri, après avoir fait ses études au Lycée Louis-le-Grand, entre en 1872 à l'Ecole Polytechnique. Il sort dans le corps des Ponts et Chaussées. Dès sa sortie de l'Ecole Polytechnique, il se marie. Comme on peut s'y attendre, son épouse Lucie-Zoé-Marie née Jamin provenait aussi du milieu scientifique : elle était la fille du célèbre physicien Jules Jamin.

En 1875, étant encore élève-ingénieur, Becquerel publie son premier travail scientifique(1). Dans cette publication, il signale que le champ magnétique permet, comme un courant d'air, de souffler une étincelle électrique. Dix-sept ans plus tard, ce travail fut utilisé dans les premières réalisations de la télégraphie sans fil (d'ailleurs, le nom de Becquerel n'y fut pas mentionné). Déjà, au début de ses recherches, il se présente comme un observateur attentif, un expérimentateur très précis et d'une grande habilité manuelle.

Sa carrière scientifique se poursuit de façon imperturbable. En 1875, il devient répétiteur à l'Ecole Polytechnique. En 1878, quand Antoine-César, son grand-père, meurt et lui succède, comme professeur, son fils Edmond, père d'Henri, ce dernier remplace, à son tour, son père comme aide-naturaliste au Muséum. En 1892, c'est Henri qui devient professeur au Muséum.

Le 15 mars 1888, il soutient à la Faculté des Sciences de la Sorbonne, devant le jury composé des chimistes Henri Debray et Charles Friedel et du physicien Gabriel Lippmann, une thèse de doctorat ès sciences sur les variations des spectres d'absorption dans les cristaux, thèse dédiée à son grand-père et à son père.

En 1895, Henri Becquerel devient professeur à l'Ecole Polytechnique. Bien qu'il se soucie constamment du perfectionnement de son cours, il n'est pas un brillant enseignant. En recherche, au contraire, il est un maître incontestable.

Le 27 mai 1889, à l'âge de trente-six ans, il avait été élu à l'Académie des Sciences remplaçant Marcelin Berthelot nommé Secrétaire perpétuel. Dix-neuf ans plus tard, cette haute

fonction est confiée à Henri Becquerel, seulement pour quelques semaines, car une brève maladie l'emporte, le 24 août 1908.

Henri Becquerel est connu surtout comme celui qui a découvert la radioactivité.

Tout a commencé par la découverte, à la fin de 1895, des rayons X par Wilhelm Conrad Röntgen, à l'époque professeur de physique à l'Université Julius-Maximilian à Wurtzbourg en Bavière, au cours de ses expériences avec les rayons cathodiques produits dans un tube de Crookes. Dans sa première communication sur ce sujet (2), il constate que les rayons découverts partent de la région où les rayons cathodiques frappent le verre de la paroi du tube, qu'ils traversent les corps opaques et agissent sur la plaque photographique.

Quelques semaines plus tard, Henri Poincaré est chargé de présenter à l'Académie des Sciences l'expérience de Röntgen, reproduite par deux médecins français, Toussaint Barthélemy et Paul Oudin, qui avaient photographié aux rayons X le squelette d'une main (3). Bien que n'étant ni physicien expérimentateur ni médecin, le célèbre mathématicien se penche sérieusement sur la découverte de Röntgen.

Le tube à rayons X d'aujourd'hui possède, en face de la cathode, froide ou chauffée, une anticathode métallique qui, bombardée par des électrons, émet ces rayons. Mais les tubes de Crookes, utilisés à l'époque pour la production des rayons X, ne possédaient pas d'anticathode métallique. C'est la paroi de verre du tube, bombardée par les rayons cathodiques, qui était la source des rayons X. Simultanément, on observait une fluorescence de la partie anticathodique de la paroi. Poincaré, trompé par la construction du tube, prit les rayons X pour un effet de la fluorescence. L'observation de l'expérience justifiait cette conclusion, les deux phénomènes étant inséparables dans les tubes utilisés. C'est un exemple de l'influence des conditions techniques de l'expérience sur la recherche.

Son raisonnement conduit Poincaré à faire

l'hypothèse que tous les corps, dont la fluorescence (ou phosphorescence) est suffisamment intense, émettent, outre les rayons lumineux, les rayons X, quelle que soit la cause de la luminescence (4).

Quelques physiciens français entreprennent alors de vérifier l'hypothèse de Poincaré. Certains, parmi eux, ont voulu, à tout prix, confirmer la suggestion de Poincaré, reconnu comme un grand savant. Si la phosphorescence peut être à l'origine des rayons X, les corps phosphorescents doivent donc produire, outre le rayonnement visible, des rayons traversant les écrans opaques et agissant sur une plaque photographique. Bien que l'hypothèse de Poincaré, comme on le sait aujourd'hui, soit fausse, Charles Henry a fait une communication (5) sur l'existence de cet effet dans le cas du sulfure de zinc phosphorescent. Un autre chercheur, G.-H. Niewenglowski, a rapporté (6) que le sulfure de calcium phosphorescent émet des radiations qui traversent les corps opaques. Troost (7) a même proposé d'employer le sulfure de zinc phosphorescent pour remplacer le tube de Crookes comme source de rayons X.

Il y a des chercheurs qui, sans tenir compte des faits, constatent ce qu'ils ont envie de trouver. Le développement de la science n'est pas toujours une suite de résultats valables. L'histoire objective de la science ne doit donc pas se limiter aux exploits positifs. C'est pourquoi je pense que, contrairement à la pratique de la plupart des historiens des recherches sur la radioactivité, les résultats de Henry, Niewenglowski et Troost, bien que discutables, pour ne pas dire falsifiés consciemment, en tous cas non confirmés par la suite, doivent être, quand même, rappelés.

Ce sont seulement les recherches minutieuses et irréprochables de Becquerel qui démontrèrent que l'hypothèse de Poincaré est fausse et qui aboutirent à la découverte de la radioactivité. D'ailleurs, Poincaré, lui-même, estimait qu'il était peu probable que des rayons X pussent apparaître sans une cause électrique (4).

Au début de l'année 1896, Becquerel commence, avec des moyens extrêmement simples, des recherches sur la relation

éventuelle entre la phosphorescence et la production de rayons X. Il a à sa disposition, au Muséum National d'Histoire Naturelle, toute une collection de sels phosphorescents, rassemblés par son père qui, lui aussi, étudia la phosphorescence. Entre parenthèses, Henri Becquerel déclara plus tard modestement que, si son père avait vécu en 1896, c'est lui qui aurait été l'auteur de la découverte de la radioactivité.

Le choix d'Henri Becquerel se porte heureusement sur les sels phosphorescents d'uranium. Il le soumet à la lumière solaire en les plaçant sur une plaque photographique enveloppée de papier noir très épais. La lumière visible de la phosphorescence, provoquée dans ces conditions, est arrêtée par le papier. S'il y a émission de rayons X, pour lesquels le papier n'est pas un obstacle, la plaque, après le développement, doit avoir noirci. Conformément à son attente, Becquerel peut observer ce noircissement. Puis, il constate que les rayons émis par le sel étudié traversent non seulement le papier, mais encore une plaque d'aluminium ou une mince feuille de cuivre. L'expérience confirme donc, semble-t-il, l'hypothèse de Poincaré. Il fallait, naturellement, répéter plusieurs fois les essais, et ce dans différentes conditions, pour être sûr de la conclusion. La première note à ce sujet est présentée par Becquerel à la séance de l'Académie des Sciences à Paris le lundi 24 février 1896 (8). A partir de cette date, presque chaque lundi, jour des séances hebdomadaires de l'Académie des Sciences, il présente, pendant quelques semaines, une note avec des résultats nouveaux sur ses recherches concernant le comportement des sels d'uranium.

Mais, les 26 et 27 février, le ciel reste couvert ; attendant que le temps se dégage, Becquerel range la plaque avec le sel d'uranium dans un tiroir. Ainsi, le sel n'est-il exposé qu'à une faible lumière diffuse. Le soleil ne se montrant toujours pas les jours suivants, le savant, en utilisant ce hasard, développe, le 1er mars, la plaque pour voir si des traces d'impression avaient néanmoins été obtenus. A son grand étonnement, le noircissement de la plaque est encore plus fort que dans les expériences antérieures (9). Dès lors, il modifie ses recherches. Il pose sur la plaque photographique, entourée d'une enveloppe protectrice, le sel d'uranium sans l'avoir auparavant exposé à la lumière. Pourtant, la plaque est, cette

fois aussi, impressionnée. Le résultat demeure identique même si le sel est conservé longtemps à l'obscurité. Becquerel constate, enfin, que tous les composés d'uranium, phosphorescents et non phosphorescents, cristallisés, fondus ou dissous, irradiés préalablement par la lumière ou non exposés, agissent sur la plaque photographique. L'uranium métallique donne le même effet, mais plus accentué. Au début, Becquerel pense prudemment que le phénomène est provoqué par une phosphorescence dont la durée de la persistance serait infiniment plus grande que la durée des radiations lumineuses émises par les corps étudiés. Il parle même d'une phosphorescence invisible, ne pouvant pas indiquer la source de l'énergie du rayonnement observé.

Outre les recherches avec la plaque photographique Becquerel étudie l'action de ces substances sur les corps électrisés (10). En utilisant un électroscope chargé, avec des feuilles d'or, il constate, comme dans le cas des rayons X, la diminution plus ou moins rapide de l'écartement des feuilles, lorsque dans le voisinage se trouve un corps contenant de l'uranium. Cela signifie que, sous l'influence de la radiation émise par ces corps, l'air s'ionise et, devenant conducteur, provoque la décharge à distance de l'électroscope. Il constate en plus, que les corps phosphorescents ne contenant pas d'uranium n'agissent pas, à travers les écrans opaques, sur la plaque photographique et ne déchargent pas l'électroscope (11). L'ensemble de ces expériences le conduit à la conclusion que l'action observée sur la plaque photographique et sur les corps électrisés, analogue à celle des rayons X, n'est absolument pas liée à la phosphorescence. Les rayons provoquant ces actions sont émis *spontanément* par l'uranium et ses composés (12). C'était là la découverte d'un phénomène qui, plus tard, sera nommé "radioactivité" par Marie Sklodowska-Curie (13). Becquerel, lui même, dans sa note du 23 novembre 1896 (14) appelle les rayons qu'il a découverts, radiations (rayons) uraniques.

Becquerel conserve un morceau d'uranium pendant plusieurs années dans l'obscurité et constate qu'au bout de ce temps l'action sur la plaque photographique n'a pas varié sensiblement. Il prouve, de cette façon, la constance du rayonnement radioactif de l'uranium (15).

Becquerel fait aussi des expériences d'après lesquelles il conclut que les rayons uraniques éprouvent la réflexion, la réfraction et la polarisation (10). Les travaux d'autres chercheurs confirment les résultats de Becquerel, sauf en ce qui concerne les trois phénomènes ci-dessus. Errare humanum est. Le savant a aussi droit à l'erreur.

La lecture attentive des notes de Becquerel montre, de manière irréfutable, que c'est bien l'hypothèse erronée de Poincaré qui est à l'origine de cette découverte fondamentale de la radioactivité. On ne peut chercher qu'en ayant une idée de la direction à suivre. Même si elle est fausse, cette idée peut donner des résultats scientifiques valables.

Pour la découverte de la radioactivité, comme, par exemple, pour celle des rayons X, le hasard a joué un certain rôle. C'est d'abord le choix des sels d'uranium comme corps phosphorescents, puis, le fait que pendant quelques jours au cours des expériences de Becquerel, les nuages obscurcissent le ciel. Cependant, le hasard ne conduit à la découverte que chez des savants bien préparés comme Röntgen ou Becquerel.

Je ne pense pas qu'on puisse donner raison à Jean Becquerel, fils d'Henri, lorsqu'il nie le rôle quelconque du hasard dans la découverte de son père (16). "Il convient - écrit-il (17)- de détruire certaine légende absurde de hasard heureux". Ce hasard, qui exista indiscutablement, n'amoindrit en rien les mérites incontestables de Henri Becquerel.

Le chimiste et industriel suédois, Alfred Nobel, est mort l'année même où Becquerel a découvert la radioactivité. Dans son testament, Nobel fonde des prix portant son nom qui sont décernés à partir de 1901, en physique, par l'Académie Royale des Sciences de Suède. Le premier lauréat de physique, en 1901, fut Röntgen pour la découverte des rayons X. En 1902, ce prix couronne les recherches des physiciens hollandais, Hendrik Antoon Lorentz et Peter Zeeman, sur la perturbation des niveaux d'énergie des électrons dans un atome ou une molécule sous l'action d'un champ magnétique. En 1903, la moitié de ce prix est attribué à Henri Becquerel pour "sa découverte de la radioactivité spontanée" ; l'autre moitié allant à

Marie et Pierre Curie pour "leurs travaux concernant les phénomènes de radiation découverts par Henri Becquerel". La découverte, en 1898, par les Curie de nouveaux éléments radioactifs, le polonium (11) et le radium (18), d'une activité très supérieure à celle de l'uranium, étend les possibilités de l'étude des propriétés du rayonnement des corps radioactifs.

En utilisant le polonium et le radium, comme source du rayonnement, Becquerel (15) rejette ses anciennes conclusions sur la réflexion, la réfraction et la polarisation de ce rayonnement.

Etudiant le pouvoir pénétrant du rayonnement, il met en évidence son hétérogénéité (19). L'utilisation du champ magnétique permet, de façon plus détaillée, de distinguer les différents composants du rayonnement.

Presque simultanément, le radiochimiste allemand Friedrich Oscar Giesel (20), les chercheurs autrichiens Stefan Meyer et Egon Ritter von Schweidler (21) ainsi que Henri Becquerel (22) découvrent que le champ magnétique provoque la déviation, au moins en partie, des rayons de la même manière et dans le même sens que les rayons cathodiques. Leurs observations se rapportent, naturellement, aux rayons nommés plus tard rayons β ; les rayons α étant ici presque totalement absorbés. Dans les expériences de Becquerel, le radium, servant comme source du rayonnement, est placé dans la cuve en plomb, posée sur la plaque photographique enveloppée de papier noir, et le tout se trouve entre les pôles d'un électro-aimant. De cette façon, les rayons déviés impressionnent la plaque. L'impression constitue un spectre continu (23). Becquerel prouve donc que le faisceau du rayonnement étudié (β) est composé d'une infinité de rayons inégalement déviables. Il faut remarquer qu'en réalité, comme on le sait aujourd'hui, ce n'est pas le radium qui est β-radioactif mais les autres radionucléides qui l'accompagnent.

Becquerel montre aussi la déviation des rayons β du "radium" dans le champ électrique, entre les deux plaques d'un condensateur, vers le plateau positif (24), confirmant que ces rayons représentent un faisceau de particules chargées négativement. Selon la déviation électrique et la courbure du

rayon dans un champ magnétique, Becquerel fournit une première indication sur le rapport $\left|\frac{e}{m}\right|$ de la charge e de la particule à sa masse m et sur la vitesse $|v|$.

Quand Ernest Rutherford (25) annonce que, dans un champ magnétique ou électrique puissant, les rayons α du radium sont légèrement déviés à la façon de particules électrisées positivement et animées d'une grande vitesse, Becquerel (26) confirme non seulement ces résultats mais montre, de plus, que les rayons α du polonium se comportent dans un champ magnétique d'une manière tout à fait identique à celle des rayons α du radium. Il résulte aussi de ces expériences que le rayonnement α, contrairement au rayonnement β, est homogène.

Passons sous silence les autres travaux de Becquerel sur la radioactivité en mentionnant seulement qu'il publie aussi, en commun avec Pierre Curie une note (27) sur les effets physiologiques de la radioactivité. Becquerel avait placé, dans une poche de son gilet, pour le transport, à plusieurs reprises, dont la durée totale a été évaluée à six heures, quelques décigrammes de chlorure de baryum radifère dans un tube de verre scellé enveloppé de papier et contenu dans une petite boîte de carton. Après dix jours, on s'aperçut que le rayonnement, à travers le verre du tube, la paroi de la boîte et les vêtements, avait produit sur la peau une tache rouge qui devenait plus foncée les jours suivants. Onze jours plus tard, la peau tomba, puis la partie la plus attaquée se creusa en se mettant à suppurer. Après quarante-neuf jours de l'action des rayons, la plaie soignée avec des pansements au liniment oléo-calcaire, se ferma, laissant, après l'élimination des tissus mortifiés, une cicatrice. Ce fait, ainsi que d'autres observations, ont permis aux auteurs de cette note de tirer la conclusion que la plaie est d'autant plus profonde que l'application du produit radioactif est plus longue et la substance employée plus active.

Pour terminer, il faut ajouter que Becquerel s'occupait également de magnéto-optique. Il n'est pas sans intérêt de mentionner qu'il pressentit le phénomène de Zeeman. Il l'avait cherché dès 1888 mais la pauvreté de l'appareillage de son

laboratoire, en particulier le manque d'un électro-aimant suffisamment puissant et de spectroscopes assez perfectionnés, constituait un obstacle insurmontable. Heureusement, les recherches sur la radioactivité se contentaient de dispositifs moins sophistiqués.

C'est seulement Jean Becquerel, fils d'Henri, qui, continuant les recherches optiques et magnétiques de son père, dans des conditions meilleures, découvre, entre autres, la polarisation rotatoire paramagnétique.

Henri Becquerel fut membre non seulement de l'Institut de France mais aussi de la Royal Society, de l'Académie des Sciences de Washington, de l'Académie de Berlin, de l'Académia dei Lincei et reçut plusieurs distinctions honorifiques.

Les données biographiques concernant Henri Becquerel, relatées dans cet article, ont été tirées de la publication d'Albert Ranc ([28]).

REFERENCES

1. H. Becquerel, J. Phys. (théor., appl.) 4, 206 (1875)
2. W.C. Röntgen, Sitzungsber. physik.-med. Ges. Würzburg, Dez. 1895, p. 132
3. Drs Oudin et Barthélemy, C.R. Acad. Sci. Paris 122, 150 (1896)
4. H. Poincaré, Rev. gén. Sci. pur. appl. 7, 52 (1896)
5. C. Henry, C.R. Acad. Sci. Paris 122, 312 (1896)
6. G.-H. Niewenglowski, Ibid. 122, 385 (1896)
7. Troost, Ibid. 122, 564 (1896)
8. H. Becquerel, Ibid. 122, 420 (1896)
9. H. Becquerel, Ibid. 122, 501 (1896)
10. H. Becquerel, Ibid. 122, 559 (1896)
11. H. Becquerel, Ibid. 122, 689 (1896)
12. H. Becquerel, Ibid. 122, 1086 (1896)
13. P. Curie et Mme S. Curie (L'initiale "S" est la première lettre du nom "Sklodowska" de jeune fille de Mme Curie que, probablement par malentendu, la rédaction prit comme prénom - J.H.), Ibid. 127, 175 (1898)
14. H. Becquerel, Ibid. 123, 855 (1896)
15. H. Becquerel, Ibid. 128, 771 (1899)
16. J. Becquerel, in: Conférences prononcées à l'occasion du cinquantième anniversaire de la découverte de la radioactivité (Muséum National d'Histoire Naturelle et Ecole Polytechnique, Paris) 1946, p. 5
17. J. Becquerel, in: Les inventeurs célèbres, Sciences physiques et applications (Editions d'Art L. Mazenod, Paris) 1962, p. 298
18. P. Curie, Mme P. Curie et G. Bémont, C.R. Acad. Sci. Paris 127, 1215 (1898)

19. H. Becquerel, in: Rapports présentés au Congrès International de Physique, Paris 1900, t. III, p. 298

20. F. Giesel, Ann. Physik 69, 834 (1899)

21. S. Meyer et E.R.v. Schweidler, Physik. Z. 1, 90, 113 (1899)

22. H. Becquerel, C.R. Acad. Sci. Paris 129, 996 (1899)

23. H. Becquerel, Ibid. 130, 206, 372 (1900)

24. H. Becquerel, Ibid. 130, 809 (1900)

25. E. Rutherford, Physik. Z. 4, 235 (1903)

26. H. Becquerel, C.R. Acad. Sci. Paris 136, 199 (1903)

27. H. Becquerel et P. Curie, Ibid. 132, 1289 (1901)

28. A. Ranc, "Henri Becquerel et la découverte de la radioactivité" (Editions de la Liberté, Paris) 1946.