



ACADÉMIE
DE GRENOBLE

Liberté
Égalité
Fraternité

Une énigme de la radioactivité

Objectif	Corpus de documents pour travailler sur le thème : Que se passe-t-il quand une théorie physique ne permet pas de prévoir la réalité observée ? Cas de la radioactivité β : une solution ontologique.
Niveau concerné	Lycée : Terminale Spécialité.
Auteur(s)	Carole MOREAU – Lycée du Granier

Consignes :

- En utilisant les documents proposés ou d'autres documents fiables de votre choix, concevez une activité permettant de travailler l'esprit critique tout en travaillant les notions de physique-chimie du programme.
- Afin que ces documents puissent être partagés, merci de respecter la mise en page et de renseigner également les différents éléments mentionnés dans le « document modèle » proposé.

Document 1 : L'importance de se tromper par Etienne Klein

En physique, lorsque la théorie ne permet pas de prévoir la réalité observée, il y a deux solutions. La solution ontologique : il y a quelque chose de plus dans le réel, que l'on n'a pas vu et qui permet de rétablir la cohérence entre la loi et le monde. Ou alors la solution législative : il faut changer la loi. Notre devoir est d'examiner les deux possibilités. »



<https://www.actu-philosophia.com/Entretien-avec-Etienne-Klein-autour-de-Matiere-a/>

Document 2 : Pénurie d'énergie -Vers une solution législative

L'histoire du neutrino débute au tournant du siècle dernier, peu après la découverte de la radioactivité par Henri Becquerel, en 1896. Les noyaux radioactifs se désintègrent spontanément en un noyau plus stable grâce à l'éjection d'une particule : particule α (noyau d'hélium) dans le cas de la radioactivité α , électron dans le cas de la radioactivité β . Mais alors que la particule α emportait l'intégralité de l'énergie libérée par la réaction, les électrons, éjectés avec des vitesses très variées, n'en emportaient qu'une partie.

Les expériences effectuées par les Allemands Lise Meitner et Otto Hahn dès 1911, puis par l'Anglais James Chadwick à partir de 1914, avec une version primitive du compteur Geiger, avaient montré que leur énergie prenait n'importe quelle valeur entre zéro et la valeur attendue.

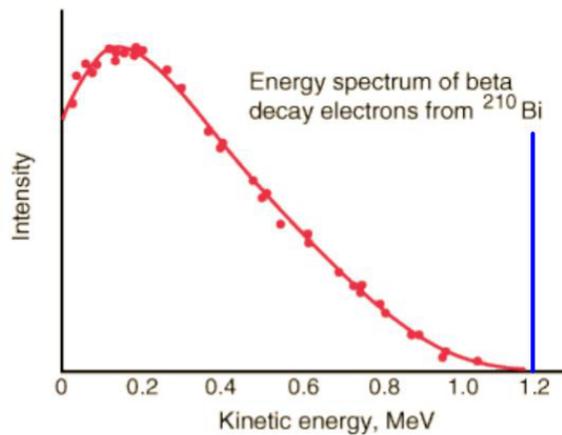


Figure 2 : Spectre de répartition des électrons observés lors de la radioactivité β d'un noyau de bismuth. Les électrons émis par radioactivité β emportent des énergies variables, comprises entre zéro et la valeur attendue : en abscisse, l'énergie cinétique observée ; en ordonnée, le nombre d'électrons émis (image de G. Neary, Roy. Phys. Soc, A175, 71, 1940). La barre bleue (ajoutée à l'image originelle) représente l'énergie « attendue » - différence des énergies entre le noyau de départ Bi210 (anciennement radium E) et celui d'arrivée Po210 (famille radioactive de l'uranium 238 et du radium).

Ce spectre continu d'énergie représentait un véritable casse-tête pour les physiciens. Lise Meitner l'avait d'abord mis sur le compte d'un ralentissement inhomogène des électrons dans la source radioactive. Selon elle, l'énergie perdue avait été convertie en chaleur. Malheureusement, des mesures calorimétriques ultra-précises, réalisées en 1927, avaient montré qu'il n'en était rien. Si bien que des personnalités de premier plan, comme le Danois **Niels Bohr**, en étaient venues à remettre en question le principe de conservation de l'énergie, au niveau atomique tout du moins.



<http://www.bibnum.education.fr/sites/default/files/analyse-76-v2.pdf>

Document 3 : L'idée de Pauli – Vers une solution ontologique

« Pour sauver cette loi essentielle de la physique (que Niels Bohr était prêt à réduire à une loi valable seulement de façon statique dans le monde microscopique, c'est à dire non vraie pour chaque événement particulier mais seulement en moyenne), Wolfgang Pauli, fait une hypothèse audacieuse : contrairement aux apparences, le noyau ne se désintègre pas en deux corps mais en trois. Une troisième particule, pense-t-il, est émise simultanément, qui emporte l'énergie manquante.

Pauli fait connaître son idée d'une façon assez originale. Il sait qu'un colloque va réunir les physiciens allemands à Tübingen, le 6 décembre 1930, en présence de Lise Meitner, une spécialiste de la radioactivité bêta mais il hésite à s'y rendre car, son divorce vient tout juste d'être prononcé et pour l'heure, il éprouve le besoin de noyer son mal-être, s'étourdir, fréquenter les fêtes et les bals. Il choisit d'envoyer l'un de ses amis à la conférence avec pour mission d'y lire une communication, dont voici un extrait :

Chers mesdames et messieurs radioactifs,

Je vous prie d'écouter avec beaucoup de bienveillance le messenger de cette lettre. Il vous dira que pour pallier la « mauvaise » statistique des noyaux d'azote et de lithium et la continuité du spectre β , j'ai découvert un remède inespéré pour sauver la loi de conservation de l'énergie. Il s'agit de la possibilité d'existence dans les noyaux de particules neutres [...] mais différentes des photons en ce qu'elles ne se déplacent pas à la vitesse de la lumière.

[...] Ainsi, cher peuple radioactif, examinez et jugez. Malheureusement je ne pourrai pas être moi-même à Tübingen, ma présence étant indispensable ici pour un bal qui aura lieu la nuit du 6 au 7 décembre.

Votre serviteur le plus dévoué. W. Pauli

Le ton désinvolte de la lettre (écrite en état d'ébriété ?), ajouté à la description plutôt confuse de cette nouvelle particule neutre, explique peut-être pourquoi la thèse de Pauli n'est guère prise au sérieux par les participants.

[...] Une fois son épaule remise, Pauli peut se rendre à Rome où se tient en octobre 1932 un colloque sur la physique nucléaire organisé par Enrico Fermi. [...] il a le loisir d'exposer longuement son idée à Fermi, en privé, lequel saisit aussitôt toute la portée de l'hypothèse. »

« Il était sept fois la révolution, Albert Einstein et les autres » Etienne KLEIN

Document 4 : Naissance du neutrino

En 1933, le Congrès de Solvay de Bruxelles, consacré à la découverte du neutron, entérina la carte d'identité du noyau. Le physicien italien Enrico Fermi à qui l'on avait demandé à cette occasion si le neutron de Chadwick était le même que celui de Pauli, avait répondu : « Non, le neutron de Pauli est beaucoup plus petit : c'est un neutrino. ». Le « neutron » de Pauli devint donc le neutrino, mot qui signifie « petit neutre » en italien. L'année suivante, Fermi, qui avait d'emblée adhéré aux vues de Pauli, écrivait un article où il exposait et développait une théorie expliquant la radioactivité β par l'intervention d'une force nucléaire nouvelle, de faible intensité et de portée réduite : l'interaction faible.

Celle-ci se traduisait par la conversion d'un neutron en proton via l'émission d'un électron et d'un neutrino. L'article de Fermi, refusé par la revue britannique Nature au motif qu'il contenait des « spéculations trop éloignées de la réalité physique », parut dans une revue italienne de moindre renommée avant d'être publié en allemand dans le numéro de mars 1934 du périodique Zeitschrift für Physik.



Figure 3 : Le congrès Solvay de 1933 (22-29 octobre 1933, Bruxelles). Ce sera le dernier congrès avant la Seconde Guerre mondiale. Pour citer quelques-uns des savants évoqués dans cet article : à gauche Irène Joliot-Curie est assise entre Schrödinger et Bohr, son mari est debout derrière elle, sa mère Marie Curie étant assise à l'angle formé par la table. L'autre femme présente, à droite, est Lise Meitner, entre Louis de Broglie et Chadwick (à l'extrême-droite, assis). Enrico Fermi est debout, à droite de Bohr (et debout à gauche de Bohr on trouve Heisenberg). Wolfgang Pauli est debout au centre, légèrement décalé à droite, avec un costume trois pièces gris clair apparent.



<http://www.bibnum.education.fr/sites/default/files/analyse-76-v2.pdf>

Document 5 : Mise en évidence expérimentale du neutrino

La mise en évidence expérimentale des neutrinos s'est avérée particulièrement difficile. En effet, la théorie de Fermi permet de calculer la probabilité d'interaction entre les neutrinos et la matière. Cette particule interagit si peu qu'elle peut traverser la Terre entière sans subir le moindre choc.

De fait l'existence de cette particule presque insaisissable sera confirmée bien des années après par deux jeunes américains, Frederik Reines et Clyde Cowan, qui sauront profiter du très haut flux de neutrinos émis au sein du premier réacteur nucléaire américain, à Savannah River en Caroline du Sud, pour en capturer quelques-uns. Le 14 juin 1956, les deux physiciens enverront un télégramme à Pauli : « Nous sommes très heureux de vous annoncer que nous sommes parvenus à détecter des neutrinos émis par des fragments de fission. » Le père du neutrino leur répondra aussitôt, par la même voie : « Merci pour le message *stop* Tout vient à point à qui sait attendre *stop* Wolfgang Pauli. »

« Il était sept fois la révolution, Albert Einstein et les autres » Etienne KLEIN

Document 6 : Présentation de l'histoire du neutrino par Etienne Klein (Regarder de 10 min 50 s à 19 min) <https://www.youtube.com/watch?v=A8T9F0HJ2fi>

