

par lequel une cellule se divise en deux. « La fission », répond celui-ci. C'est ainsi que le terme « fission nucléaire » fut introduit dans l'article, puis universellement accepté. Quelques semaines plus tard, tous les groupes qui, de par le monde, travaillaient sur cette physique avaient confirmé les résultats du groupe de Berlin et accepté l'interprétation de Meitner et Frisch.

Qu'est-ce que « comprendre » ?

Nous pouvons à présent aborder notre interrogation initiale : qui a découvert la fission nucléaire ?

On pourrait dire que la fission est découverte lorsqu'on s'aperçoit que l'absorption d'un neutron par un noyau d'uranium produit un noyau de baryum. Mais, au sens strict, ce qui est observé, c'est l'impossibilité d'identifier – au moyen de la technique d'entraînement décrite plus haut – un autre noyau que le baryum. Cette impossibilité est interprétée comme une cassure du noyau d'uranium. Mais Hahn lui-même, dans son article, évoque la possibilité de « coïncidences inhabituelles », et demande à Meitner de trouver une *explication* quelconque : il n'est donc pas absolument sûr de ce qu'il a observé car il n'en a pas l'explication !

Le malaise que l'on perçoit chez Hahn n'est pas anodin, il renvoie à la nature même du travail scientifique, qui ne consiste pas à accumuler des « faits », mais bien à concevoir des « explications » qui légitiment les faits. L'expérimentation et l'observation viennent faire le tri entre les diverses explications possibles d'un phénomène. Il peut certes s'écouler beaucoup de temps entre la formulation d'une conjecture théorique et le verdict de l'expérience – laquelle, bien sûr, appelle d'autres conjectures. L'observation des satellites de Jupiter par Galilée en 1610 confirme à ses yeux la vision héliocentrique de Copernic publiée en 1543. La découverte de la supraconductivité en 1911 par Gilles Holst au laboratoire de Kammerlingh Onnes ne recevra d'explication qu'en 1956 par la théorie BCS^(d), mais il s'agissait à l'époque de répondre à la question : comment un métal conduit-il l'électricité à très basse température^(e) ? Dans le cas de la fission, quelques jours seulement ont séparé l'observation de Hahn et Strassmann de l'explication de Meitner et Frisch.

Une explication permet de créer une représentation abstraite de la réalité, qui fonctionne... comme la réalité. En ce sens,



Fritz Strassmann, Lise Meitner et Otto Hahn (de gauche à droite).

comprendre, c'est être capable de recréer le monde par la pensée. Une bonne explication – une bonne théorie, si l'on préfère – doit répondre à trois critères :

1. Elle doit s'appliquer au plus grand nombre de phénomènes possible, en les mettant en relation les uns avec les autres.
2. Elle doit permettre de faire des prédictions testables.
3. Elle doit être difficile à modifier.

Illustrons ces trois conditions avec le cas de la fission.

En expliquant l'origine de l'énergie cinétique des fragments de fission par la perte de masse, selon la formule d'Einstein, Meitner et Frisch réalisent une synthèse d'autant plus convaincante qu'elle est inattendue. Un tel accord ne peut être fortuit, il rapproche l'inconnu du connu en unifiant deux secteurs de la physique, sans qu'il soit nécessaire d'inventer un mécanisme spécifique. Il permet aussi de considérer l'émission alpha comme une fission... très asymétrique.

Le deuxième critère est rempli une première fois quelques jours seulement après la discussion de Meitner et Frisch : l'observation directe par Frisch des fragments de fission animés de grandes vitesses. Mais d'autres conséquences plus subtiles suivront bientôt, comme la compréhension par Bohr du fait que c'est l'uranium 235 qui fissionne sous l'effet des neutrons lents, pas l'uranium 238. Détaillons un peu ce point.

Lorsqu'un noyau se déforme, son énergie de surface augmente et son énergie coulombienne diminue (car les protons sont en moyenne plus éloignés les uns des autres que dans une configuration compacte). Pour de petites déformations, c'est l'énergie de surface qui l'emporte, et c'est ce qui stabilise le noyau et l'empêche de se fragmenter. Mais pour de larges déformations, la diminution de l'énergie coulombienne finit par l'emporter, car elle varie comme le carré du nombre de charges. Il existe donc une « barrière de fission », de quelques MeV, que le noyau doit traverser pour fissionner. Considérons à présent le cas de l'uranium. L'uranium 236 qui résulte de l'absorption d'un neutron par l'uranium 235 est un noyau pair-pair, alors que l'uranium 239 est un noyau pair-impair. Or un noyau pair-pair a une énergie de liaison plus grande qu'un pair-impair, donc l'énergie d'excitation de l'uranium 239 est inférieure à celle de l'uranium 236. Les quelques MeV de différence suffisent pour que l'uranium 239 ne puisse traverser la barrière et fissionner ! Lorsqu'il absorbe un neutron, il subit deux désintégrations bêta qui conduisent à un noyau de plutonium 239.

Le troisième critère d'une bonne théorie est bien rempli. Il est impossible de trouver une explication du phénomène de fission qui s'intègre de façon aussi harmonieuse à tout ce que l'on sait déjà, tout en prévoyant des phénomènes nouveaux confirmés par l'expérience.

Conclusion

Ces considérations conduisent à s'interroger sur la non-attribution du prix Nobel de physique à Lise Meitner. Son rôle déterminant dans toutes les phases préparatoires de la découverte, et son rôle non moins déterminant dans la compréhension du phénomène ne font aucun doute. D'ailleurs Bohr lui-même a fait tout ce qui était en son pouvoir pour tenter, sans y parvenir, de convaincre l'Académie Nobel de lui attribuer le prix, et ceci pendant plusieurs années après l'attribution du prix Nobel de chimie à Otto Hahn. Comment expliquer une telle injustice ? Nous n'aborderons pas ici cette question, qui relève plus de la sociologie, voire de la politique, que de la science...

Hahn, Strassmann et Meitner finirent par recevoir ensemble, en 1966, la plus haute distinction délivrée par le Département de l'énergie des États-Unis (le DOE), le prix Enrico Fermi. Hahn et

Meitner sont cités pour « leurs recherches pionnières dans l'étude de la radioactivité naturelle et leurs intenses études expérimentales culminant avec la découverte de la fission ». Ce prix est d'habitude délivré lors d'une cérémonie qui se tient à Washington. Mais ni la santé de Meitner ni celle de Hahn ne leur permettaient de faire ce déplacement (ils avaient alors plus de 85 ans). Il fut décidé que la cérémonie aurait lieu à Vienne, et que Glenn Seaborg, alors président du DOE, se déplacerait pour remettre le prix. Mais Meitner ne put s'y rendre, et ce fut Frisch qui vint à sa place. Meitner écrit à Hahn qu'elle était heureuse pour lui et Strassmann, mais qu'elle éprouvait quant à elle des sentiments contradictoires, tout en ressentant une « forme de plaisir ». « Pourquoi seulement une forme de plaisir ? », demanda Hahn à Frisch. Pensait-elle avoir quitté Berlin trop tôt ? Pas du tout, répondit Frisch. Elle avait des sentiments contradictoires à cause de la bombe. ■

Bibliographie

• O. Hahn et F. Strassmann, "Concerning the Existence of Alkaline Earth Metals Resulting from Neutron Irradiation of Uranium", traduction de l'article original de janvier 1939, dans *American Journal of Physics* (janvier 1964), pp. 9-15.

• O. Frisch, *What little I remember*, Cambridge Paperbacks (1979), Canto (1991).

• R. Lewin Sime, *Lise Meitner, A life in physics*, University of California Press (1996).

(a) La pièce *Fission*, jouée au théâtre de la Reine Blanche du 8 avril au 22 juin 2016, retrace cet épisode, en le replaçant dans le contexte de la découverte de la fission nucléaire et de la fission de la communauté des physiciens européens consécutive à l'arrivée au pouvoir des Nazis.

(b) L'antineutrino émis lors de la première réaction n'est pas représenté ici (il n'était pas connu à l'époque).

(c) D'où l'importance de la distinction entre neutrons lents, « thermiques », c'est-à-dire dont l'énergie cinétique correspond à l'agitation à la température ambiante, et neutrons « rapides », tels qu'ils émanent d'une transformation nucléaire. Un autre phénomène viendra ensuite compléter cette première explication, lorsqu'on s'aperçoit que l'absorption des neutrons lents est très sélective. Le noyau A+1 comporte des états excités de basse énergie, appelés résonances de neutron ; et lorsque le neutron incident possède l'énergie correspondant à l'une de ces résonances, la section efficace de capture devient très grande.

(d) Bardeen, Cooper et Schrieffer.

(e) On pouvait penser que la résistivité augmenterait à l'infini car, à basse température, les électrons ne pourraient plus quitter les atomes ; ou que la résistivité s'annulerait car l'agitation thermique ne viendrait plus gêner le mouvement des électrons. Il est intéressant de constater que la découverte de la supraconductivité ne valut pas de prix Nobel à son découvreur, tandis que la théorie BCS fut, elle, récompensée.

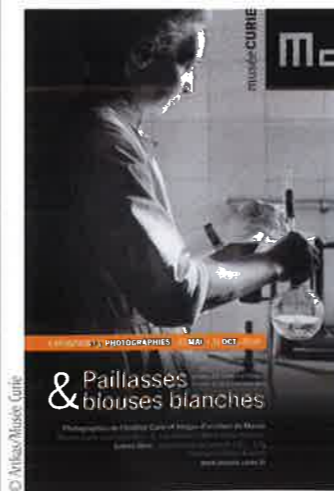
• B. Fernandez, *De l'atome au noyau*, Ellipses (2006).

• O. Treiner et J. Treiner, *Fission* (2008), Éditions Nudéon.

Paillasses et blouses blanches

Dans les laboratoires d'hier et d'aujourd'hui

Exposition de photographies, du 21 mai au 31 octobre 2016
Musée Curie, 1 rue Pierre-et-Marie-Curie, Paris 5^e



Donner l'impression de pousser la porte des laboratoires d'hier et d'aujourd'hui, de s'immerger dans leur intimité, c'est le sujet de l'exposition temporaire 2016 du Musée Curie. Elle présente 65 photographies inédites sur l'univers des paillasses, passé et présent. Une rétrospective photographique d'un siècle de recherche. Un voyage visuel dans le quotidien des blouses blanches.

À découvrir sous les tilleuls de Marie Curie, dans le jardin du musée, 35 photographies d'archives qui dévoilent ce qui se passait derrière les murs des pavillons entourant ce jardin, là où Marie Curie, Irène et Frédéric Joliot-Curie avaient leurs laboratoires et où aujourd'hui des chercheurs de l'Institut Curie continuent leur œuvre.

Une série de 30 photographies est accrochée sur les grilles du musée, rue Pierre-et-Marie-Curie. On y découvre l'univers des chercheurs du 21^e siècle. L'Institut Curie, centre de recherches de renommée internationale, rassemble plus de 1100 collaborateurs dont les travaux visent à comprendre le fonctionnement complexe de la cellule normale ou cancéreuse pour initier des pistes thérapeutiques innovantes contre le cancer.

Ces images, rarement diffusées, mettent en lumière le travail des chercheurs et devraient susciter l'intérêt des jeunes.