

aucun des éléments connus et qu'ils se comportaient comme les éléments transuraniens semblaient devoir le faire : quand on les séparait chimiquement de l'uranium, on les retrouvait associés aux éléments de transition, tels le platine et le rhénium ; les transuraniens sont effectivement situés dans les mêmes colonnes de la Classification périodique que les éléments de transition, et l'on pouvait donc s'attendre à ce qu'ils aient les mêmes propriétés chimiques. Comme Enrico Fermi, les scientifiques berli-

nois admirent que ces émetteurs étaient des transuraniens.

Cette idée fausse était fondée sur une hypothèse physique et sur une hypothèse chimique, dont on démontra, plusieurs années plus tard, qu'elles étaient erronées : d'une part, les physiciens avaient alors observé que seules des modifications mineures se produisaient lors des réactions nucléaires, de sorte qu'ils n'envisageaient même pas la possibilité de la fission, c'est-à-dire de la dissociation d'un noyau en deux autres noyaux de tailles voisines ;

d'autre part, les chimistes croyaient que les éléments transuraniens étaient des éléments de transition, parce que le thorium et l'uranium réagissaient comme des éléments de transition.

Des réactions de désintégration complexes

Les deux hypothèses erronées se confortaient, orientant les recherches sur une fausse piste pendant plusieurs années. Après la découverte de la fission, Otto Hahn accusa les physiciens d'avoir prétendu que les modifications du noyau étaient négligeables et d'avoir ainsi retardé la découverte de la fission. Les chimistes doutaient moins de la théorie alors en vigueur que les physiciens, qui détectaient des incohérences.

Les scientifiques berlinois tentèrent de séparer les transuraniens présumés, dont la radioactivité est très faible, de l'uranium et de ses produits de désintégration, dont la radioactivité naturelle est bien supérieure. Après avoir irradié des échantillons d'uranium avec des neutrons, ils les dissolvaient, puis séparaient de la solution les composés qui avaient les propriétés chimiques des métaux de transition (généralement en les précipitant avec des métaux de transition). Le précipité était un mélange de plusieurs émetteurs bêta que les chimistes de l'équipe berlinoise entreprirent d'identifier.

En deux ans, ils identifièrent deux réactions parallèles de désintégration bêta, qu'ils nommèrent mécanisme 1 et mécanisme 2 (voir l'encadré page 83). Les éléments envisagés dans ces réactions avaient les mêmes propriétés que les éléments transuraniens, et la concordance entre les schémas théoriques et les observations chimiques semblait si bonne que le doute était difficile. Dans les articles publiés en 1936 et en 1937, Otto Hahn et ses collègues jugeaient «indubitable» l'existence de ces éléments transuraniens et affirmaient : «Le sujet est clos.»

Toutefois, les mesures des chimistes allaient à l'encontre des théories des physiciens. Lise Meitner avait bien du mal à élaborer une théorie des mécanismes nucléaires qui soit cohérente avec les résultats obtenus par les chimistes et les radiochimistes, et avec ses propres mesures.

Quand les physiciens de Berlin bombardèrent de l'uranium avec des neutrons rapides, ils obtenaient cer-

J.W. Van Spronsen, Elsevier, Amsterdam, 1969

Lawrence Berkeley National Laboratory, University of California

SÉRIE DES LANTHANIDES : Ce Pr Nd Pm Sm Eu Gd Tb Dy Ho Er Tm Yb Lu

SÉRIE DES ACTINIDES : Th Pa U Np Pu Am Cm Bk Cf Es Fm Md No Lr

2. LA CLASSIFICATION PÉRIODIQUE des éléments conduisit les chimistes des années 1920 et 1930 (en haut) à penser que les éléments de numéro atomique supérieur à celui de l'uranium se comportaient comme des éléments de transition : ils semblaient se trouver dans les mêmes colonnes que les éléments de transition. Après la découverte de plusieurs éléments transuraniens dans les années 1940, Glenn Seaborg découvrit que les éléments de la famille des actinides forment une seconde série de terres rares homologues des lanthanides. L'élément 109 fut nommé meitnerium en 1994. En bas, on a représenté le tableau périodique des éléments de 1995.

tains produits ; quand ils utilisaient des neutrons thermiques (très lents), ils obtenaient les mêmes produits, mais en plus grande quantité. Puisque les neutrons lents augmentaient le rendement, Lise Meitner en conclut qu'il s'agissait d'un mécanisme de capture de neutrons (après la découverte de la fission, les résultats furent réinterprétés de façon totalement différente). Lise Meitner identifia également un troisième processus de désintégration, plus court et fondé sur une capture de neutrons moyennement lents.

Elle s'étonnait pourtant qu'un même isotope, l'uranium 238, capte les neutrons de trois façons différentes. Elle pressentait que les mécanismes 1 et 2 étaient incorrects, car elle comprenait mal comment la capture d'un seul neutron engendrait une instabilité telle qu'il faille quatre ou cinq émissions bêta pour stabiliser le noyau. Pis encore, pourquoi les deux longues chaînes de désintégrations bêta suivaient-elles des chemins parallèles durant plusieurs étapes ? La théorie ne donnait aucune réponse. Dans une publication de 1937, Lise Meitner concluait que les résultats étaient «difficilement conciliables avec les concepts de la structure du noyau».

Après la découverte de la fission, les physiciens et les chimistes comprirent que les mécanismes 1 et 2 étaient en fait des réactions de fission : l'uranium se scinde en fragments très radioactifs, qui se désintègrent lentement en émettant des rayonnements bêta (comme l'uranium peut se scinder de diverses façons, les voies de désintégration possibles sont nombreuses). Lise Meitner considérait le mécanisme 3 comme le plus plausible, ce qui était correct : l'isotope de l'uranium 239 formé par capture d'un neutron se désintègre par émission bêta en un élément de numéro atomique égal à 93. En 1940, cet élément fut identifié par Edwin McMillan et Philip Abelson ; c'est le neptunium. Si les Berlinoises avaient détecté le neptunium, ils auraient trouvé que cet élément appartient aux terres rares et ils auraient compris que les produits des mécanismes 1 et 2 n'étaient pas des transuraniens. Malheureusement, ils ne pouvaient pas le détecter, car leurs sources de neutrons n'étaient pas assez intenses.

Leur principale erreur fut d'étudier uniquement les éléments qui se comportaient comme des métaux de transition et de négliger les autres familles. En 1938, à Paris, Irène Curie et Pavel Savitch utilisèrent une technique

différente pour analyser le mélange de sous-produits de l'uranium ; ils découvrirent un composé très radioactif, mais ne purent en établir les propriétés chimiques : sa formation augmentait quand on bombardait les éléments à l'aide de neutrons thermiques, comme elle devait le faire pour des éléments transuraniens. Quand, en octobre 1938, l'équipe de Berlin s'intéressa à la réaction étudiée par Irène Curie et Pavel Savitch, Lise Meitner avait déjà été contrainte de quitter l'Allemagne pour Stockholm. Otto Hahn et Fritz Strassmann analysèrent seuls la substance radioactive découverte par Irène Curie : selon eux, il s'agissait d'un isotope du radium.

L'identification du baryum

Lise Meitner et Otto Hahn s'écrivaient fréquemment : le courrier entre Stockholm et Berlin était acheminé en une journée. Lise Meitner ne pensait pas que l'élément obtenu était du radium, car, pour former du radium, le noyau d'uranium aurait dû émettre deux particules alpha. D'après le bilan des énergies mises en jeu, elle pensait que le choc d'un neutron thermique ne pouvait produire l'expulsion d'une seule particule alpha ni, *a fortiori*, de deux. En novembre 1938, elle se rendit à l'Institut Niels Bohr, à Copenhague, où elle eut une entrevue avec Otto

La découverte de la fission

L'équipe de Berlin découvrit qu'un grand nombre d'émetteurs bêta (des noyaux radioactifs qui émettent des électrons) se forment lorsque des neutrons entrent en collision avec des noyaux d'uranium. Les chimistes proposèrent deux cascades de réactions de désintégration entre des éléments qu'ils croyaient plus lourds que l'uranium.

Mécanisme 1



Mécanisme 2

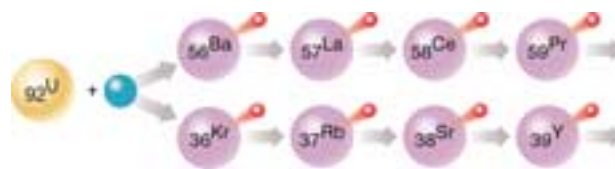


Ils identifièrent aussi une autre réaction plus simple :

Mécanisme 3



Lise Meitner considérait que le mécanisme 3 était le plus vraisemblable, et l'on démontra ultérieurement qu'elle avait raison. La longueur des mécanismes 1 et 2, ainsi que leur parallélisme la gênaient. Finalement, lorsque Otto Hahn et Fritz Strassmann identifièrent qu'un des produits de la réaction était du baryum, Lise Meitner et Otto Frisch comprirent que le noyau d'uranium s'était scindé en un noyau de baryum et un noyau de krypton, déclenchant une série d'émissions bêta :



C'est ce mécanisme qui était correct. Lise Meitner et Otto Frisch proposèrent le terme de fission nucléaire pour ce phénomène, en publièrent la première explication théorique et donnèrent une estimation de l'énorme quantité d'énergie que libère la fission.

Jared Schiedmann Design