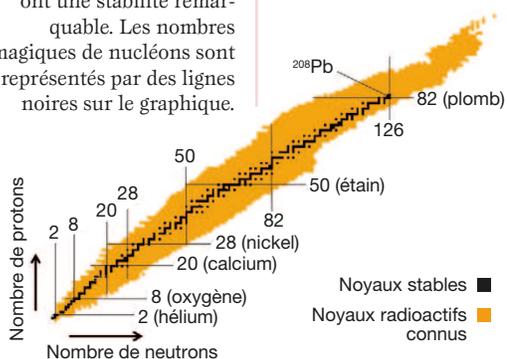


ZOOLOGIE DES NOYAUX ATOMIQUES

Chez les noyaux atomiques, on trouve de tout : des radioactifs, des stables, et même des « magiques ». Certains noyaux artificiels, dits « exotiques » ou « super-déformés », présentent des configurations inattendues ou des propriétés particulières qui remettent en cause notre compréhension de ces délicats édifices nucléaires.

Noyaux et nombres magiques

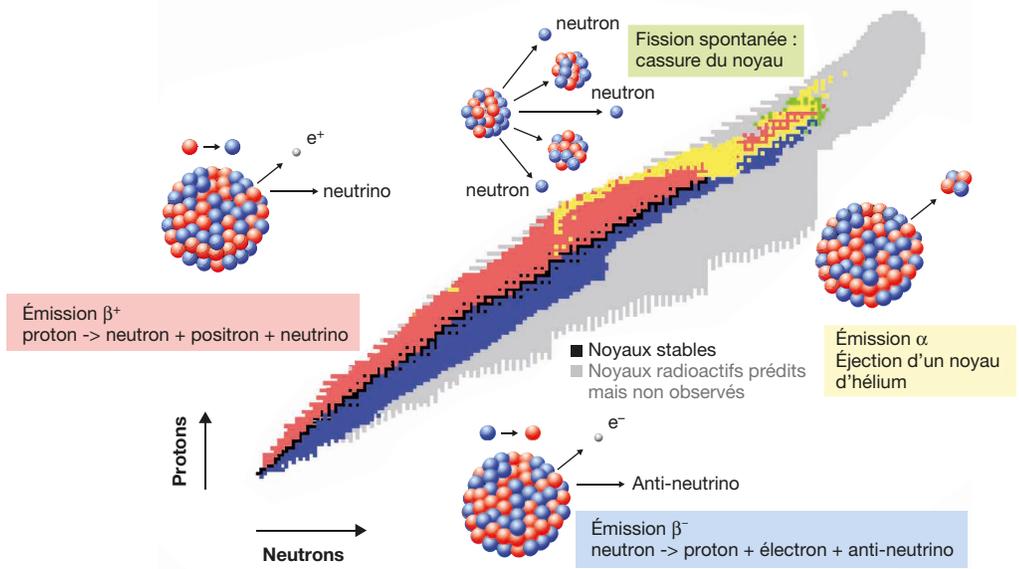
Sur ce graphique, les noyaux sont classés suivant le nombre de neutrons (en abscisse) et de protons (en ordonnée) qu'ils contiennent : chaque noyau correspond donc à un point sur la figure. La plupart d'entre-eux (en jaune) sont radioactifs ; seule une minorité (en noir) sont stables. Parmi ces derniers, les noyaux possédant des nombres particuliers (« magiques ») de neutrons ou de protons ont une stabilité remarquable. Les nombres magiques de nucléons sont représentés par des lignes noires sur le graphique.



En comptant tous les isotopes il existe sans doute plus de 2000 noyaux atomiques. Sur ce total, 257 exactement sont stables, c'est-à-dire qu'ils conservent leur état pour toujours – pour peu qu'on ne les fasse pas interagir bien sûr. Les autres, même laissés au repos, finissent par se transformer sous l'action de deux phénomènes distincts. Le premier, la radioactivité, voit le noyau se désintégrer : il se change en un autre noyau tout en émettant une particule, noyau d'hélium (radioactivité alpha, α), électron (bêta moins, β^-) ou positron (bêta plus, β^+). Dans le second cas, la fission, le noyau se brise en noyaux plus petits.

Ces processus sont aléatoires et gouvernés par des probabilités : on ne peut pas anticiper l'instant où un noyau donné va disparaître, on sait juste calculer en fonction du temps la fraction de noyaux instables encore présents dans un grand échantillon. Ces évolutions sont quantifiées par un paramètre appelé durée de vie et qui peut aller de la picoseconde (soit un millième de milliardième de seconde) à des milliards d'années. Plus sa valeur est élevée, plus un noyau « dure » ... en moyenne.

Pour comprendre ces évolutions très variées, il faut utiliser des théories prédisant la forme et les propriétés des noyaux en fonction du nombre de protons et de neutrons qui les compose. Un modèle de noyau le représente semblable à une « goutte liquide », éventuellement déformée. S'il explique globalement les propriétés des noyaux, des anomalies apparaissent néanmoins. Par exemple pour des nombres « magiques » de protons ou de neutrons (2, 8, 20, 28, 50, 82 et



126) les noyaux sont beaucoup plus stables que leurs voisins : à l'instar des électrons dans l'atome, les nucléons sont des particules quantiques qui s'organisent en couches.

Les noyaux stables sont des objets compacts, sphériques ou légèrement déformés. Cependant, les noyaux radioactifs, ou exotiques, font apparaître des configurations tout à fait originales. Le lithium-11 (3 protons, 8 neutrons) a ainsi la même taille que le plomb-208, doublement magique (82 protons, 126 neutrons) et bien plus riche en nucléons ! Cette extension anormale est due à la présence de deux neutrons très éloignés d'un cœur de lithium-9 : on parle de noyaux à halo. D'autres expériences ont montré que le béryllium-12 (4 protons, 8 neutrons) a une structure proche d'une molécule où deux noyaux d'hélium-6 seraient reliés par leurs neutrons.

Enfin, les noyaux produits dans les accélérateurs par interaction de faisceaux de particules sur des cibles denses peuvent se mettre à tourner très vite sur eux-mêmes et se déformer sous l'effet de la force centrifuge. On a ainsi observé des noyaux dans des états super-déformés, dont la longueur est deux fois plus grande que la largeur, ou encore des noyaux ayant une forme de poire.

Les théories sont mises à mal par ces nouveaux phénomènes. La structure en couche fermement établie pour les noyaux stables n'est plus valable pour certains noyaux exotiques. L'oxygène-28, qui devrait être stable car doublement magique (8 protons, 20 neutrons), n'existe simplement pas. Les physiciens nucléaires ont encore du pain sur la planche !

Désintégrations radioactives des noyaux instables

Si certains noyaux sont stables (en noir), la grande majorité se désintègre selon trois processus : les radioactivités alpha (α , émission d'un noyau d'hélium, soit deux protons et deux neutrons, en jaune) et bêta (β , conversion d'un neutron en proton ou vice-versa, causée par l'interaction faible, en rouge et en bleu) ainsi que la fission spontanée (casure en noyaux plus petits, en vert).