

L'harmonie des cœurs d'atomes

PHILIPPE CHOMAZ • YORICK BLUMENFELD • JEAN-ANTOINE SCARPACI

A la fois élastiques et rigides, les noyaux des atomes sont des ressorts microscopiques : ils vibrent et entrent en résonance. Postulées depuis 50 ans, ces résonances viennent d'être observées.

Tout vibre autour de nous : les ressorts, les balançoires, les tambours, l'air, la surface des mers... Même la Terre et le Soleil! Dans l'infiniment petit aussi, l'oscillation règne en maître. Les poussières, les gouttelettes, les agrégats métalliques et les molécules présentent toutes sortes de vibrations. Les noyaux atomiques sont les plus petits oscillateurs connus aujourd'hui. Ils sont composés de nucléons : les protons et les neutrons. Soumis à des forces extérieures, les nucléons se mettent en mouvement : ils oscillent de façon cohérente, c'est-à-dire qu'ils se déplacent de façon organisée et périodique.

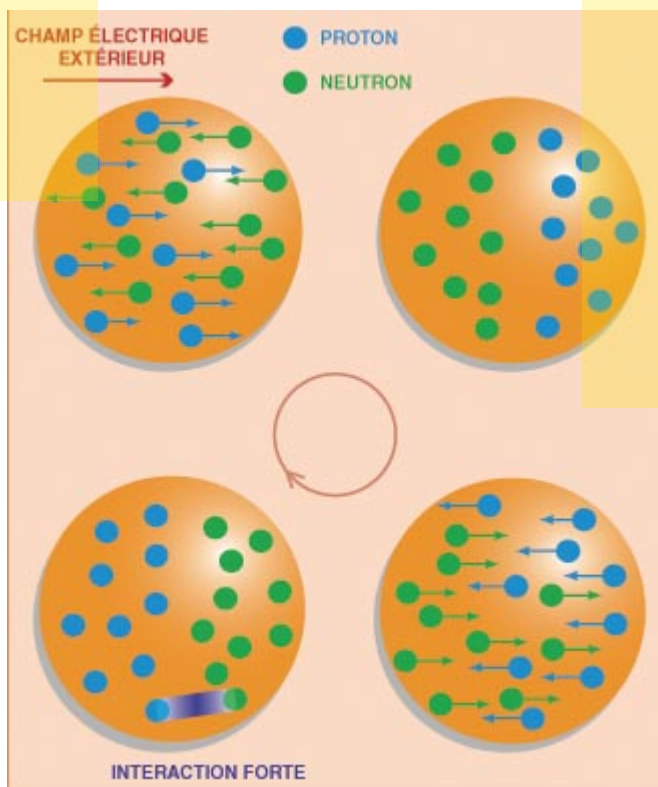
Ces va-et-vient collectifs des nucléons donnent au noyau des mouvements de vibration simples. Par exemple, il se contracte et se dilate en rythme, comme un cœur minuscule qui battrait. Ou il s'allonge en cigare, puis s'aplatit comme une crêpe, ou encore il passe de sa forme sphérique à une forme de poire, puis reprend sa forme initiale, etc. Peu à peu, des vibrations d'une grande variété de formes ont été découvertes. Elles sont nommées résonances géantes, car elles engendrent des signaux intenses.

En 1947, les Américains G. Baldwin et G. Klaiber ont découvert les premières vibrations des

noyaux atomiques. Ils avaient irradié des éléments lourds avec des rayons gamma, des photons de très haute énergie (plusieurs dizaines de millions d'électronvolts). À une fréquence particulière, ces rayons gamma sont fortement absorbés, ce qui indique que le noyau entre en résonance avec les ondes électromagnétiques. Ce phénomène est analogue à la résonance du pont suspendu de Tacoma, aux États-Unis,

en 1940. La cadence des rafales du vent coïncidait ce jour-là avec la période des oscillations du pont. Il commença à onduler et, l'amplitude des mouvements ne cessant d'augmenter, il finit par se rompre.

L'expérience de G. Baldwin et G. Klaiber fut interprétée dès 1948 : les neutrons, sans charge, ne sont pas sensibles au champ électromagnétique de l'onde gamma. En revanche, les protons, chargés, sont entraînés par la composante électrique de ce champ et se mettent en mouvement. Observés à partir du centre de masse du noyau, les neutrons paraissent se déplacer dans la direction opposée à celle des protons. Quand la fréquence de l'onde est égale à celle de la vibration naturelle des protons par rapport aux neutrons, le noyau entre en résonance ; on parle alors de résonance géante.



1. LA RÉSONANCE DIPOLAIRE fut la première résonance géante découverte. Les protons (en bleu) oscillent en opposition de phase avec les neutrons (en vert).

Des oscillateurs microscopiques

L'interaction forte intervient alors. C'est l'une des quatre interactions élémentaires fondamentales. Elle lie les nucléons entre eux et joue ici un rôle identique à la force de rappel dans un ressort, en exerçant une force d'attraction entre protons et neutrons. Elle les ralentit, les immobilise, puis les repousse en sens inverse.