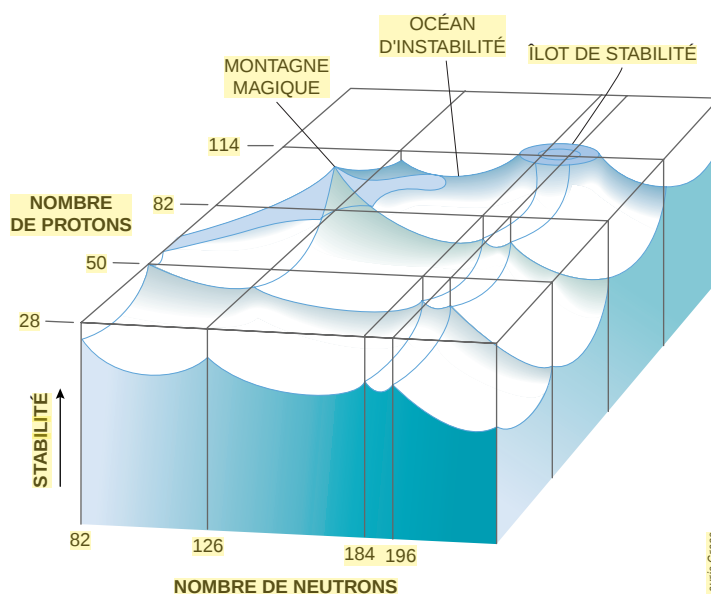


sont désintégrés), et seuls deux de ces atomes sont produits en 25 jours d'expériences.

Depuis 1996, des équipes de recherche européennes, américaines et russes ont fabriqué six nouveaux éléments, avec des numéros atomiques allant jusqu'à 118. La synthèse la plus importante a été celle des isotopes de l'élément 114, parce qu'elle a établi l'existence de l'îlot de stabilité. Ce résultat a confirmé que certaines combinaisons de protons et de neutrons donnent des noyaux particulièrement cohésifs, des noyaux «magiques», tout comme les électrons réduisent l'instabilité chimique des atomes quand ils forment des couches complètes.

Selon le modèle nucléaire en couche, établi en 1948, plusieurs noyaux



1. L'OCÉAN DES NOYAUX LOURDS contient de nombreux éléments instables. Le noyau atomique d'un élément contient un nombre fixe de protons, mais il existe différentes formes de cet élément, les isotopes, dont le nombre de neutrons et la stabilité diffèrent. Sur cette carte, se trouve une montagne magique : l'isotope particulièrement stable du plomb (élément à 82 protons) contenant 126 neutrons. Pour les noyaux à plus de 106 protons, beaucoup de ces isotopes sont relativement instables ; ils forment comme un «océan d'instabilité». Depuis 1966, les théoriciens ont prédit l'existence d'un îlot de stabilité, au centre duquel se trouverait un isotope à 184 neutrons de l'élément 114. Les expérimentateurs ont récemment accédé à cet îlot en créant un isotope à 175 neutrons de l'élément 114.

sont magiques. Par exemple le plomb est doublement magique, car ses 82 protons et ses 126 neutrons forment respectivement des couches complètes. En 1966, les physiciens avaient établi que le noyau doublement magique suivant aurait 114 protons et 184 neutrons, mais cette prévision contredisait la théorie alors dominante, selon laquelle la période de désintégration de ces éléments ainsi que leur stabilité, diminuait rapidement à mesure que la masse des noyaux augmenterait. La prévision de ces nombres magiques a engendré de nombreuses spéculations sur la présence d'un îlot de noyaux d'une longévité inhabituelle, perdu au milieu d'un océan de noyaux instables.



2. L'ÉQUIPE DE RECHERCHE de l'Institut de physique nucléaire de Dubna pose près de son installation expérimentale. Le séparateur à gaz est en haut à gauche de la photographie, et l'on voit dépasser

sur la droite les bras du dispositif de la cible. Deux des auteurs de cet article figurent sur ce cliché : V. Utyonkov et I. Oganessian (respectivement deuxième et quatrième en partant de la gauche).

Cet îlot était difficile d'accès, parce que ses noyaux ont plus de neutrons par proton que n'importe quel noyau stable connu. Pour les obtenir, nous avons choisi une réaction qui introduisait beaucoup de neutrons dans le noyau cible : il s'agissait d'irradier du plutonium 244 (l'isotope le plus lourd du plutonium, de numéro atomique 94) avec un faisceau intense d'ions de calcium 48, un isotope rare et particulièrement riche en neutrons du calcium (numéro atomique 20). Nous espérions ainsi obtenir par fusion un noyau composé de 114 protons et de 178 neutrons, très proche de la configuration doublement magique de 114 protons et de 184 neutrons.

Nous savions que si les noyaux de calcium 48 heurtaient ceux de plutonium 244 avec une énergie suffisante pour vaincre leur répulsion électrostatique mutuelle, les noyaux résultants seraient peu excités, de sorte que certains d'entre eux au moins ne fissionneraient pas : ces noyaux perdraient rapidement trois neutrons, et le noyau alors formé serait à une température inférieure au seuil de fission (plus un noyau est chaud, plus il a des chances de fissionner).

Se débarrasser des indésirables

Toutes les tentatives précédentes avaient échoué, car les rares noyaux produits, au cours d'expériences qui durent des semaines, sont perdus au milieu de milliers de milliards d'autres espèces nucléaires. Pour détecter ces noyaux lourds, nous avons dû centupler la sensibilité des détecteurs. Grâce à ces détecteurs modifiés, nous avons détecté les éléments nouvellement synthétisés avant leur désintégration. Le cyclotron à ions lourds de Dubna accélérail les ions de calcium 48 jusqu'au dixième de la vitesse de la lumière, puis il les projetait sur une cible composée de minces feuilles de titane recouvertes de plusieurs milligrammes de plutonium 244.

Comment séparer les produits de réaction qui nous intéressaient de la multitude de produits annexes de l'expérience ? Nous savions que le noyau superlourd créé se désintégrerait par radioactivité alpha : à chaque désintégration, le noyau devait perdre un noyau d'hélium 4, soit deux protons et deux neutrons. L'élément 114 devait se désintégrer en l'élément 112, puis

en élément 110, puis en élément 108, jusqu'à ce que, hors de l'îlot de stabilité, une fission spontanée apparaisse. Malheureusement, la désintégration alpha et la fission des autres noyaux également produits lors de l'expérience ressemblent à ceux de l'élément 114. Or, des milliards de ces noyaux indésirables sont synthétisés chaque seconde, alors que l'on prévoyait moins d'un atome de l'élément 114 produit par jour. Comment éviter les événements parasites ?

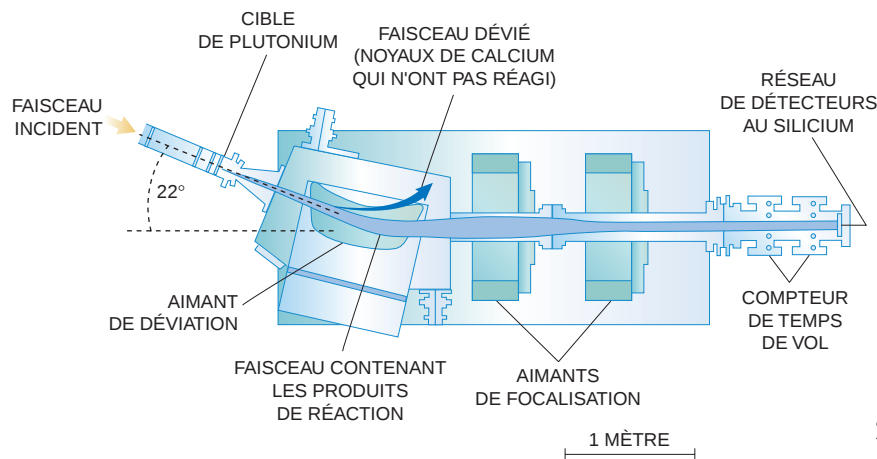
Les ingénieurs de Dubna ont conçu un séparateur rempli de gaz, qui laisse passer les produits que nous recherchons et détecte bien les désintégrations radioactives qui signalent leur présence, tout en éliminant les noyaux sans intérêt. Les produits de la fusion d'un noyau projectile et d'un noyau cible (mélange d'éléments 114 et d'autres produits non désirés) s'éloignent de la cible et entrent dans une chambre emplie d'hydrogène gazeux

à faible pression, dans l'entrefer d'un aimant. Les noyaux interagissent avec les atomes d'hydrogène gazeux, et ceux pour lesquels les électrons sont liés au noyau avec moins d'énergie que n'en fournit la collision ont tendance à se perdre. Le champ magnétique est ajusté de sorte que seuls les noyaux intéressants parviennent jusqu'au réseau de détection. Les noyaux de calcium 48 qui n'ont pas réagi avec la cible traversent rapidement l'hydrogène, mais ils sont si ionisés que le champ magnétique les dévie de la trajectoire qu'empruntent les particules recherchées. Le séparateur à gaz supprime également dans une grande mesure d'autres produits indésirables issus de collisions du noyau projectile sur le bord du noyau cible.

Les produits de réaction qui quittent le premier aimant sont alors focalisés magnétiquement vers un compteur de temps de vol, et ils finissent leur



Yuri Gripas, Gamma Liaison



Laurie Grace

3. LE LABORATOIRE DE DUBNA (en haut) crée des faisceaux qui se déplacent de droite à gauche sur cette photographie. À gauche de la photographie se trouve le séparateur à gaz (schéma inférieur). Les faisceaux de produits de réaction provenant de la cible de plutonium sont déviés par un aimant. Les noyaux intéressants sont dirigés vers un ensemble de détecteurs en silicium. Les physiciens associent les informations sur les désintégrations nucléaires obtenues sur ces détecteurs et celles du compteur de temps de vol afin de déterminer quels isotopes ont été créés dans la cible.