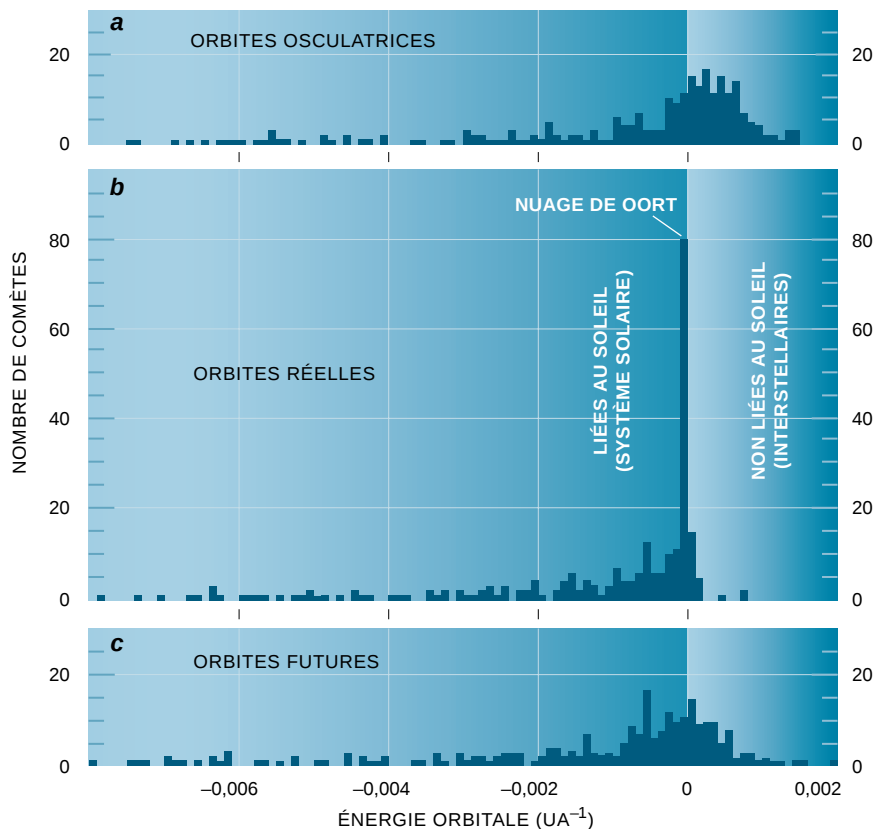




6. L'ÉNERGIE ORBITALE des comètes à longue période connues révèle le nuage de Oort. Les astronomes calculent d'abord les orbites osculatrices des comètes, c'est-à-dire les orbites qu'elles suivraient si leurs mouvements étaient entièrement déterminés par l'attraction gravitationnelle du Soleil (l'énergie orbitale est inversement proportionnelle au demi-grand axe de l'orbite et s'exprime en inverse de l'unité astronomique, UA⁻¹). Un tiers de ces orbites a une énergie positive, associée à une orbite hyperbolique : les objets correspondants semblent avoir une origine interstellaire (a). Toutefois, quand on prend en compte l'influence des planètes, on calcule que l'énergie de la plupart des comètes est légèrement négative : les comètes ont une orbite elliptique et elles semblent provenir des confins du Système solaire (b). Quelques comètes conservent une énergie positive, après ces corrections, mais leur origine interstellaire apparente résulte probablement d'erreurs d'observation. Sous l'action conjointe des planètes et du Soleil, certaines comètes retournent vers le nuage de Oort, d'autres quittent le Système solaire et d'autres encore reviendront visiter le Système solaire interne (c).

envoient une proportion notable de leurs comètes dans le nuage de Oort. Bien que cette proportion soit peut-être inférieure à celle qui a été envoyée par Uranus et par Neptune, elle peut avoir été compensée par la quantité de matière supérieure initialement présente dans les zones des planètes plus massives.

Si les comètes du nuage de Oort ont été formées à des distances variées du Soleil, les températures de leur formation ont différé. Ainsi s'expliquerait en partie la diversité de composition observée parmi les comètes. En effet, des travaux récents ont indiqué que le nuage de Oort contient même des astéroïdes de la région des planètes intérieures. Ces objets, constitués de roches plutôt que de glaces, représenteraient deux à trois pour cent de la population totale du nuage de Oort.

Ces idées sont toutes fondées sur la présence des planètes géantes, qui catapultent les comètes vers l'extérieur et modifient leurs orbites lorsqu'elles reviennent dans la région planétaire. Si d'autres étoiles possèdent des planètes géantes, comme le suggèrent les observations de ces dernières années, elles ont peut-être également des nuages de Oort. Si ces étoiles et leur cortège de comètes passent près du Soleil, les nuages pourraient s'interpénétrer. Même ainsi, les collisions entre comètes seront rares, parce que la distance moyenne entre comètes est d'au moins une unité astronomique.

Les nuages de Oort autour des étoiles autres que le Soleil laissent peut-être échapper des comètes dans le milieu interstellaire. Des comètes interstellaires qui passeraient près du Soleil seraient facilement reconnaissables en

raison de leur vitesse bien supérieure à celle des comètes de notre nuage de Oort. Aucune comète interstellaire de ce type n'a encore été détectée, mais ce n'est guère surprenant : le Système solaire est une cible minuscule dans l'immensité de l'espace interstellaire, et la probabilité qu'une comète interstellaire soit passée dans le Système solaire interne au cours des derniers siècles est au mieux de un demi.

Le nuage de Oort continue à fasciner les astronomes. Grâce à la mécanique céleste, la nature a préservé dans ce lointain réservoir un échantillon du matériau qui a formé le Système solaire. En étudiant la dynamique de ce réservoir et la composition chimique des comètes qui en sortent, les astronomes comprennent mieux l'origine du Système solaire.

Plusieurs missions spatiales d'étude des comètes sont en préparation. La sonde *Stardust*, qui sera lancée l'an prochain, traversera la chevelure de la comète Wild 2, recueillera des échantillons de poussière cométaire et les rapportera sur Terre. Quelques années plus tard, l'engin *CONTOUR* survolera trois comètes et comparera leurs compositions. La mission *Deep Space 4/Champlion* enverra un orbiteur et un module d'atterrissage sur la comète Tempel 1, et la mission *Rosetta* fera de même pour la comète Wirtanen. Le prochain millénaire sera celui de l'étude des comètes.

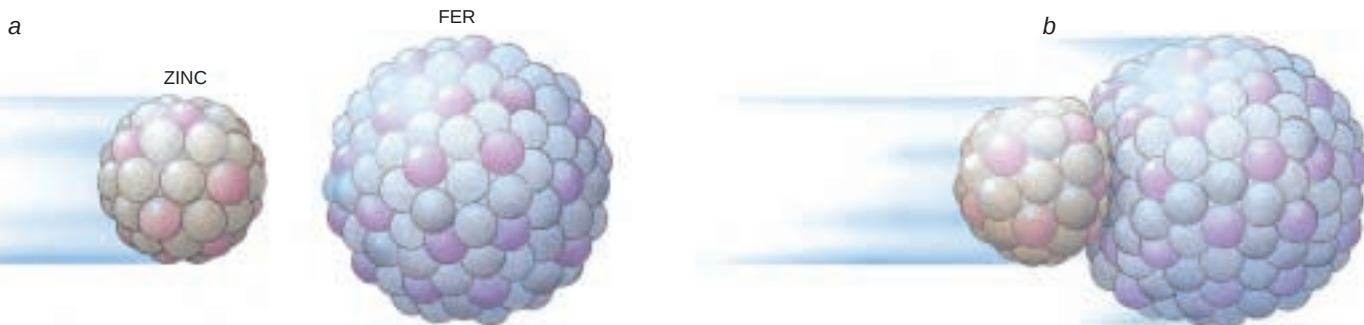
Paul WEISSMAN est astronome au Laboratoire pour la propulsion spatiale (JPL), à Pasadena (Californie).

Donald K. YEOMANS, *Comets : A Chronological History of Observation, Science, Myth and Folklore*, John Wiley & Sons, 1991.

Comets in the Post-Halley Era, sous la direction de Ray L. Newburn, Jr., Marcia Neugebauer et Jürgen Rahe, Kluwer Academic Publishers, 1991.

Julio A. FERNANDEZ, *Dynamics of Comets : Recent Developments and New Challenges*, in *Asteroids, Comets, Meteors 1993 : Proceedings of the 160th Symposium of the International Astronomical Union*, sous la direction de A. Milani, M. Di Martino et A. Cellino, Kluwer Academic Publishers, 1994.

Completing the Inventory of the Solar System, sous la direction de Terrence W. Rettig et Joseph M. Hahn, *Astronomical Society of the Pacific Conference Series*, vol. 107, 1996.



La création de nouveaux éléments

PETER ARMBRUSTER • FRITZ PETER HESSBERGER

Au cours des dernières années, les physiciens ont créé trois nouveaux éléments : les éléments 110, 111 et 112. La quête des éléments 113 et 114 est en cours. Créera-t-on des éléments chimiques encore plus lourds ?

Les physiciens qui cherchent de nouveaux éléments chimiques doivent avoir une âme de joueur : quand ils projettent deux noyaux atomiques l'un contre l'autre, la probabilité qu'ils fusionneront est mince ! En outre, les produits résultants sont extrêmement fragiles et la plupart se fragmentent immédiatement. Exceptionnellement, un nouvel élément survit à la collision dans une configuration stable, l'état fondamental. Toutefois, il n'est alors présent qu'en quantités infimes : pour synthétiser l'élément 112, le plus lourd élément artificiel connu à ce jour, nous avons travaillé en continu pendant 24 jours. Au final, nous n'avons obtenu que deux noyaux de cet élément, qui subsistèrent quelques microsecondes.

Lorsque nous avons commencé la chasse à l'élément 113, au printemps dernier, nous attendions une production deux ou trois fois inférieure. Aussi avons-nous fait durer l'expérience pendant 42 jours. Nous n'avons rien trouvé. Avions-nous choisi un mauvais réglage de l'énergie des faisceaux ? La probabilité de formation

est-elle inférieure à celle que nous avons calculée ? L'élément 113 a-t-il des caractéristiques inhabituelles qui le rendent difficile à détecter avec notre appareillage ?

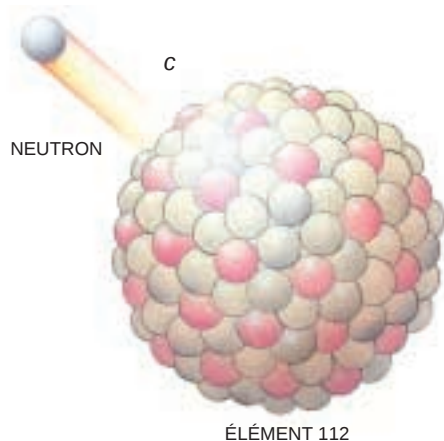
Malgré les difficultés de fabrication de nouveaux éléments ne subsistant que des fractions de seconde, ces questions nous ont poussés à poursuivre cette recherche. En 60 ans, les chercheurs ont produit 20 éléments artificiels au-delà de l'uranium. Combien en créeront-ils encore ?

Les éléments artificiels

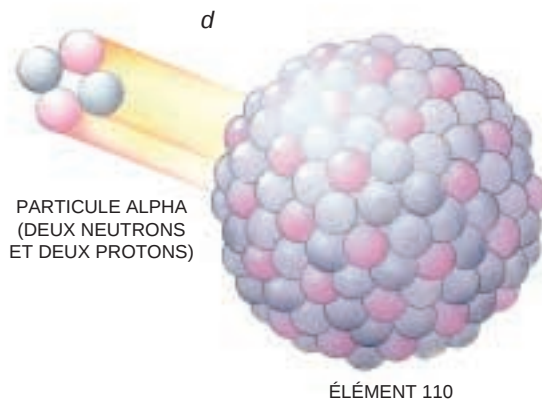
En 1936, Emilio Segrè, de l'Université de Palerme, reçut de son ami, Ernest Lawrence, une partie du cyclotron de Berkeley. Cette pièce de molybdène avait été irradiée, au cours de la vie du cyclotron, par des noyaux de deutérium (une forme lourde de l'hydrogène, avec un noyau composé d'un proton et d'un neutron). En analysant un échantillon de cette pièce, il découvrit le premier élément chimique artificiel, le technétium, l'élément de numéro atomique 43 (le numéro atomique est le nombre de protons dans le noyau atomique).

Segrè devait l'idée de son expérience à un autre physicien italien, Enrico Fermi. En 1934, Fermi avait prédit que l'on pourrait créer de nouveaux éléments en bombardant des atomes avec des neutrons : quand un neutron pénètre dans un noyau atomique, il est parfois capté, et le noyau résultant est soit stable, soit radioactif. Dans ce dernier cas, le neutron se désintègre en un proton, un électron et un antineutrino (une particule subatomique légère, sans charge électrique) : c'est la désintégration bêta. Ainsi, à chaque capture de neutron suivie d'une désintégration bêta, le nombre de protons dans le noyau augmente d'une unité : un élément de numéro atomique supérieur se forme.

Cette idée d'irradier les noyaux de divers éléments avec des neutrons fut reprise par d'autres groupes de recherche. En 1940, à l'Université de Berkeley, Edwin McMillan et Philip Abelson obtinrent l'élément inconnu suivant : par irradiation de neutrons dans le cyclotron du laboratoire, ils synthétisèrent l'élément 93 – le premier élément de numéro atomique supérieur à celui de l'uranium. Cet élément 93 fut nommé

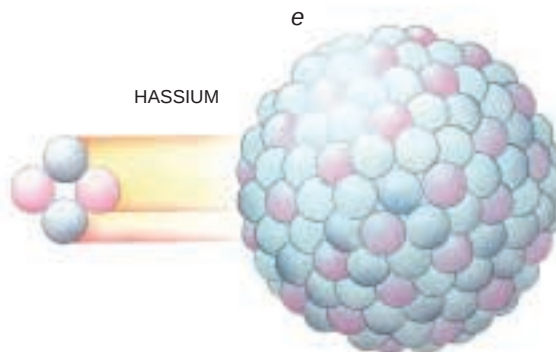


ÉLÉMENT 112

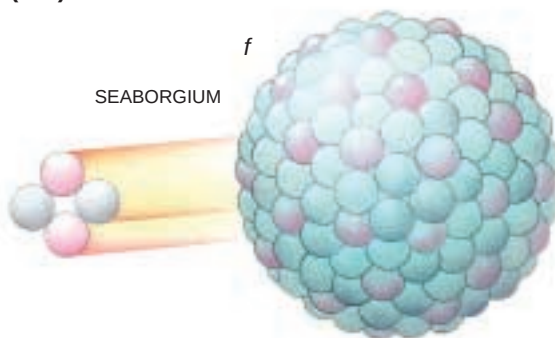


ÉLÉMENT 110

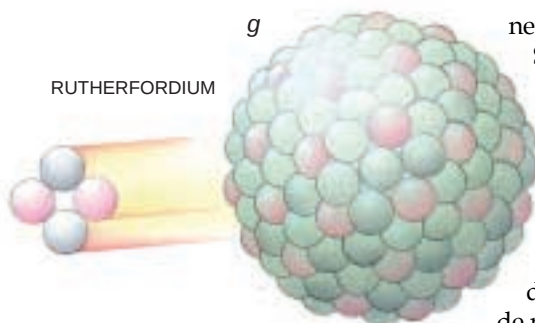
1. L'ÉLÉMENT 112 se forme lorsqu'un noyau de zinc percute un noyau de plomb avec une force suffisante pour compenser la répulsion électrique des deux noyaux chargés positivement (a). Ces derniers fusionnent (b) et forment un noyau très instable. Le noyau émet très rapidement un neutron, aboutissant à l'isotope 277 de l'élément 112 (c). Le nouvel élément subsiste plusieurs centaines de microsecondes, avant de se désintégrer plusieurs fois de suite, engendrant six éléments « fils » (d à i) : l'élément 110, le hassium (108), le seaborgium (106), le rutherfordium (104), le nobélium (102) et le fermium (100).



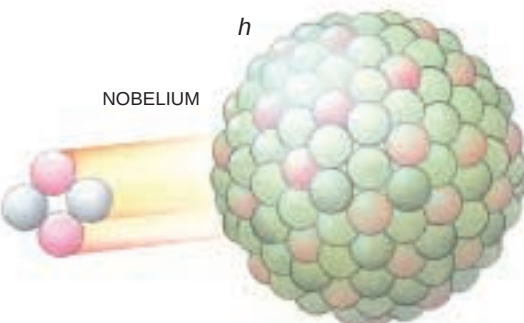
HASSIUM



SEABORGIUM



RUTHERFORDIUM



NOBELIUM



FERMIUM

neptunium, car, dans le Système solaire, Neptune est la première planète au-delà d'Uranus. Durant les années 1940 et 1950, Glenn Seaborg et ses collègues de Berkeley découvrirent une série de nouveaux éléments :

le plutonium (de numéro atomique 94), l'américium (95), le curium (96), le berkélium (97), le californium (98), l'einsteinium (99) et le fermium (100). Chacun de ces huit éléments peut être synthétisé en quantités mesurables, suivant le mécanisme proposé par Fermi : capture d'un neutron suivie d'une désintégration bêta. Cependant, la quantité produite varie beaucoup selon les éléments : plus de 1 000 tonnes (10^{30} atomes) de plutonium ont été créées dans le monde, mais on n'a pas obtenu

plus de quelques millièmes de milliardième de gramme de fermium (10^{10} atomes). La recette de Fermi ne procure pas d'éléments plus lourds que le fermium : au-delà, la désintégration bêta n'a pas lieu. Une nouvelle approche était nécessaire.

Rivalités internationales

Pouvait-on alors bombarder des éléments lourds avec des éléments légers ? La fusion d'un élément transurannique – du plutonium (94) à l'einsteinium (99) – avec un élément léger, comme le carbone (l'élément 6), l'azote (7) ou l'oxygène (8), conduirait-elle à la formation d'un atome plus lourd ? Cette méthode posa des difficultés pratiques qu'il fallut résoudre.

Pour réaliser ces expériences, les physiciens construisirent les premiers accélérateurs linéaires : ces appareils accélèrent des faisceaux d'ions à des énergies définies. En outre, l'utilisation d'éléments transuranniques requerrait un accès aux réacteurs nucléaires, l'apanage des deux grandes puissances de l'après-guerre. Durant la guerre froide, le Laboratoire américain Lawrence Berkeley, aux États-Unis, et l'Institut de recherche nucléaire de Dubna, en Union soviétique, rivalisaient non seulement scientifiquement, mais aussi politiquement.



2. UN TRAVAIL D'ÉQUIPE est nécessaire pour créer de nouveaux éléments. Les auteurs sont photographiés avec l'équipe qui a produit l'élément 112, l'élément artificiel le plus lourd synthétisé à ce jour. Peter Armbruster est le troisième à partir de la gauche dans la première rangée ; Fritz Peter Hessberger est dans la rangée du fond, à l'extrême gauche.

En 1955, le groupe de Berkeley obtint le mendelevium (101), par la fusion de l'hélium (2) et de l'einsteinium (99). Entre 1958 et 1974, les deux groupes créèrent le nobélium (102), le lawrencium (103), le rutherfordium (104), le dubnium (105) et le seaborgium (106). La rivalité était si âpre que les deux anciens camps débattaient encore de l'antériorité de la découverte de ces éléments, ainsi que de l'attribution de leurs noms. Les noms que nous utiliserons ici sont ceux qui ont été retenus par l'Union internationale de chimie pure et appliquée (voir le tableau page 72).

Après la fabrication du seaborgium, les physiciens se heurtèrent à un nouvel obstacle : la technique standard de fusion ne produisait pas d'éléments plus lourds. À cette époque, en 1975, l'accélérateur d'ions lourds UNILAC (*Universal Linear Accelerator*, soit «accélérateur linéaire universel») fut mis en route à l'Institut de recherche sur les ions lourds (GSI), à Darmstadt. Enfin, les physiciens et les chimistes allemands pouvaient participer à cette entreprise jusqu'alors réservée aux Américains et aux Soviétiques.

Cette machine était la première capable d'accélérer tous les types d'ions

(un ion est un atome qui a gagné ou perdu des électrons), y compris l'uranium, à des énergies continues et réglables, offrant une immense flexibilité aux essais de fusion de deux noyaux. L'un de nos quatre objectifs principaux avec l'UNILAC était la production des éléments 107 à 114 au moins. Pourquoi viser l'élément 114 ? Selon les théoriciens, ses protons et ses neutrons devraient remplir complètement les couches du noyau, qui serait ainsi particulièrement stable.

En 1948, Otto Haxel, Hans Jensen et Hans Suess, de l'Université de Heidelberg, ainsi que Maria Goeppert-Mayer, du Laboratoire d'Argonne, observèrent des régularités intéressantes, selon le nombre de neutrons et de protons des noyaux atomiques : les noyaux composés d'un certain nombre de neutrons et de protons sont plus stables que d'autres. Cette stabilité ressemble à la stabilité chimique des atomes : autour du noyau, les électrons occupent des niveaux d'énergie successifs ; certains niveaux contiennent jusqu'à deux électrons, d'autres en contiennent jusqu'à huit, et d'autres jusqu'à 14. Les atomes les plus stables chimiquement sont ceux dont la couche électronique externe est pleine.

Reprenant cette idée du remplissage des couches électroniques, Goeppert-Mayer et Jensen mirent au point une théorie du noyau atomique en couches et expliquèrent combien de protons et de neutrons remplissaient les couches des noyaux. Cette découverte leur valut le prix Nobel de physique, en 1963.

Tous les atomes d'un élément chimique ont le même nombre de protons dans le noyau. Toutefois, pour chaque élément, différents isotopes existent, chacun comprenant un nombre particulier de neutrons dans le noyau. Certains isotopes sont plus stables que d'autres. C'est le cas du calcium 40 (20 protons et 20 neutrons), du calcium 48 (20 protons et 28 neutrons), et du plomb 208 (82 protons et 126 neutrons). Un isotope de l'élément 114, avec 114 protons et 184 neutrons, devrait aussi avoir une couche pleine. Les éléments dont le nombre de protons ou de neutrons est proche de ceux de ces éléments très stables sont sur un «îlot de stabilité», au milieu d'une mer de noyaux instables.

À l'ouverture de l'UNILAC, nous étions impatients de voir si nous atteindrions cet îlot de stabilité autour de l'élément 114. Initialement, les théoriciens avaient prédit que les éléments voisins de l'élément 114 auraient des périodes de l'ordre du milliard d'années, comparables aux périodes de certains éléments plus légers comme l'uranium et le thorium (la période, ou demi-vie, d'un isotope est le temps après lequel la moitié d'un nombre donné de noyaux se sont désintégrés). Nous pensions alors être capables de produire des quantités considérables d'éléments superlourds, fournissant ainsi aux chimistes de nouvelles substances à étudier et aux physiciens nucléaires de nouveaux atomes. La déconvenue fut grande : quelle que soit la combinaison de noyaux cibles et de noyaux projectiles, les collisions n'engendraient pas l'élément 114. De surcroît, les efforts supplémentaires pour trouver ces éléments dans les minerais, les météorites ou les rayons cosmiques n'aboutirent pas.

La fusion froide

À Dubna, Iouri Oganessian et Alexander Demin avaient obtenu l'élément 100 en bombardant une cible de plomb (l'élément 82) avec des ions d'argon (l'élément 18). I. Oganessian

constata que l'échauffement des noyaux formés était inférieur à celui qui apparaissait quand on bombardait des isotopes transuraniens très lourds avec des ions très légers. Cette idée fut à l'origine d'une nouvelle méthode de production d'éléments superlourds : l'énergie d'excitation des noyaux formés lors des collisions étant inférieure, un nombre supérieur de noyaux survivent à la fusion, parce que leurs nucléons (protons et neutrons) sont moins agités, donc mieux groupés.

Notre équipe s'intéressa à cette technique, que nous avons nommée «fusion froide» (cette fusion froide n'a rien à voir avec celle qui fit la une des journaux, il y a quelques années). Les chercheurs de Berkeley considérèrent la fusion froide comme une curiosité, mais, pour nous, elle présentait plusieurs avantages. D'une part, les matériaux de base, le plomb et le bismuth, étaient plus accessibles que les éléments produits par des réacteurs nucléaires. D'autre part, la configuration de l'UNILAC nous permettait d'utiliser tous les types d'ions comme projectiles et de faire varier leur énergie par paliers.

Nous avions aussi l'appareillage adéquat pour isoler et détecter les produits d'une réaction de fusion : notre collègue Gottfried Münzenberg avait construit un filtre, nommé séparateur des produits de réaction d'ions lourds (SHIP, pour *Separator for Heavy-Ion reaction Products*), qui écarte les projectiles et les produits résiduels de la réaction de fusion et concentre les produits recherchés sur un détecteur, où on les identifie par leurs produits de désintégration radioactive.

Au-delà de l'élément 107

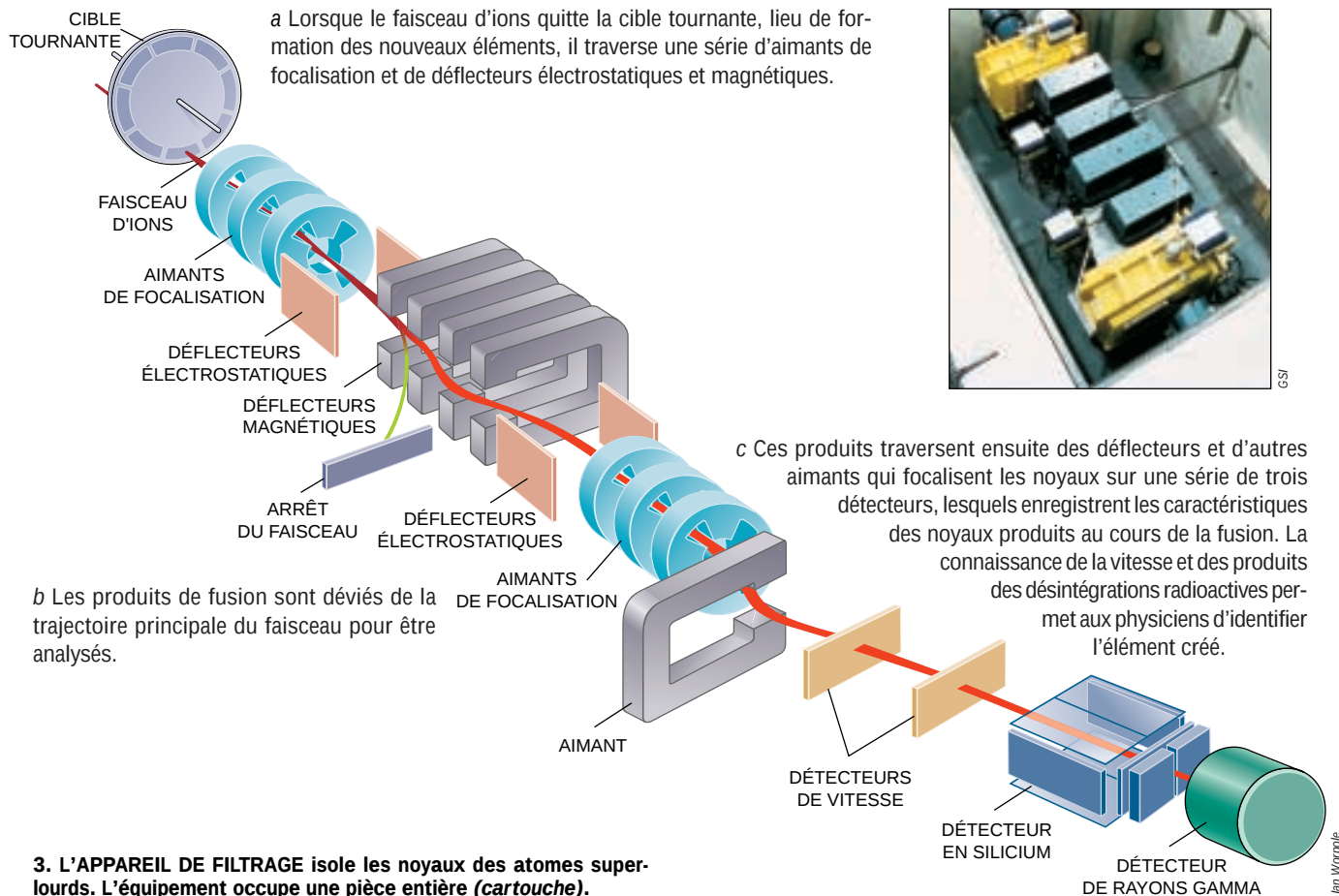
Au début des années 1980, nous avons démontré que la fusion froide fonctionnait : nous avons synthétisé et identifié le bohrium (l'élément 107), le hassium (108) et le meitnerium (109).

Après ce succès, nous avons compris que le franchissement de l'étape suivante nécessitait des améliorations de nos techniques expérimentales. Pour produire un seul atome de meitnerium, l'élément 109, par exemple, nous avons dû faire fonctionner l'accélérateur pendant deux semaines. De surcroît, à chaque création d'un

nouvel élément, la probabilité d'obtenir un nouveau noyau diminuait d'un facteur trois, ce qui compliquait sa détection.

Malgré ces difficultés, nous avons poursuivi les études de la fusion froide, tandis que les équipes de Berkeley et de Dubna étaient revenues à la méthode précédente, de «fusion chaude». En modifiant notre accélérateur linéaire, nous avons triplé l'intensité du faisceau d'ions et la sensibilité de l'appareil de filtrage, et construit des détecteurs de sensibilité accrue, essentiellement sous la houlette de Sigurd Hofmann.

Au redémarrage des expériences sur l'UNILAC, en 1993, nous avons testé notre nouvel appareillage avec des faisceaux d'argon 40 (à 18 protons et 22 neutrons) et de titane 50 (à 22 protons et 28 neutrons), qui avaient été utilisés pour créer divers isotopes du mendelevium et du rutherfordium. D'autres réglages permirent de calibrer l'énergie nécessaire à l'obtention de l'élément 110. Dans tous ces essais, les améliorations étaient patentées : l'intensité du faisceau et la sensibilité du détecteur étaient accrues.



3. L'APPAREIL DE FILTRAGE isole les noyaux des atomes superlourds. L'équipement occupe une pièce entière (cartouche).

Le 9 novembre 1994, après un arrêt de plus de dix ans, nous identifîâmes les produits de désintégration de l'élément 110, alors inconnu : par la fusion de plomb 208 (l'élément 82) avec du nickel 62 (l'élément 28), nous obtenions un nouveau noyau composé de 110 protons et de 160 neutrons. Ce noyau a rapidement émis un neutron, devenant l'isotope 269 de l'élément 110. Ce nouvel isotope avait une période de 170 microsecondes ; nous l'avons identifié grâce à sa désintégration en des éléments de plus en plus légers. Le noyau a d'abord émis une série de quatre particules alpha (composées de deux neutrons et de deux protons) et formé l'isotope 257 du rutherfordium (l'élément 104). Dans d'autres expériences, nous avons aussi créé l'isotope 271 de l'élément 110.

Un peu plus d'un mois plus tard, le 17 décembre 1994, date du 25^e anniversaire du GSI, nous avons découvert l'élément 111 après avoir irradié

du bismuth 209 avec du nickel 64. Cette expérience a corroboré la théorie des couches nucléaires : conformément à la théorie, deux des produits de désintégration de l'élément 111 (l'isotope 268 du meitnerium et l'isotope 264 du bohrium) se révélèrent plus stables que les isotopes plus légers de ces éléments observés auparavant.

Pour la série d'expériences suivantes, nous avons utilisé comme projectile le zinc 70, un élément riche en neutrons, espérant créer les éléments 112 et 113. Le 9 février 1996, nous avons synthétisé l'élément 112, l'élément le plus lourd jamais créé en laboratoire.

Le butin final était toutefois inférieur aux espérances initiales ; comme mentionné précédemment, nous avons fabriqué deux atomes en 24 jours. La période de l'élément 112 était de 240 microsecondes. Nous étions capables d'identifier l'isotope 277 de l'élément 112 en observant sa désintégration radioactive et en suivant l'émis-

sion de six particules alpha successives pour aboutir au fermium 253 (voir les figures 1 et 2). Durant cette désintégration, nous avons identifié un nouvel isotope de l'élément 110 et un nouvel isotope du hassium (l'élément 108). L'isotope de l'élément 112 était le premier noyau que nous ayons créé avec plus de 162 neutrons, une quantité qui constitue une couche nucléaire déformée remplie. Ce facteur a contribué à la stabilité croissante de certains produits de la désintégration de l'élément : le hassium 269, produit lors de la désintégration de cet isotope de l'élément 112, a une période de 9,3 secondes, tandis que le hassium 265, qui avait été observé dans des expériences précédentes, a une période de 1,7 milliseconde seulement. Ces découvertes ont corroboré les prédictions des théoriciens : avec 162 neutrons, les couches du noyau seraient complètement remplies.

La création d'éléments super-lourds est le fruit d'une planification

Dénomination et politique

Les contestations sur l'antériorité de la découverte des éléments 102 à 109 eurent pour résultat une controverse internationale sur leurs dénominations. En 1994, l'Union internationale de chimie pure et appliquée (IUPAC) chargea la Commission sur la nomenclature en chimie inorganique (CNIC) d'établir les noms officiels de ces éléments

(beaucoup avaient été nommés de manière informelle par leurs découvreurs). Toutefois, la liste proposée par la Commission ne fit qu'envenimer le débat. En 1997, l'IUPAC sollicita l'avis des chimistes du monde entier et, en août, les noms définitifs furent adoptés. Les éléments 110 à 112 n'ont pas encore été officiellement nommés.

ÉLÉMENT	DÉCOUVREUR(S)	NOMS PROPOSÉS (par)	NOM OFFICIEL (symbole chimique)
102	Revendication initiale : l'Institut Nobel à Stockholm, Suède Revendication ultérieure : l'Université de Berkeley ; l'Institut de recherche nucléaire, Dubna, Russie	Joliotium (Dubna) Nobelium (Institut Nobel, CNIC)	Nobelium (No) ; en l'honneur d'Alfred Nobel, inventeur suédois et fondateur des prix Nobel
103	Contesté ; les groupes de Dubna et de Berkeley revendiquent tous deux l'antériorité	Lawrencium (Berkeley, CNIC)	Lawrencium (Lr) ; en l'honneur d'Ernest Lawrence, inventeur du cyclotron
104	Contesté ; les groupes de Dubna et de Berkeley revendiquent tous deux l'antériorité	Dubnium (CNIC) Kurchatorium (Dubna) Rutherfordium (Berkeley)	Rutherfordium (Rf) ; en l'honneur du physicien né en Nouvelle-Zélande, Ernest Rutherford, dont le travail a été essentiel pour la compréhension du noyau
105	Contesté ; les groupes de Dubna et de Berkeley revendiquent tous deux l'antériorité	Hahnium (Berkeley) Joliotium (CNIC) Nielsbohrium (Dubna)	Dubnium (Db) ; en l'honneur du laboratoire de Dubna
106	Berkeley (non contesté)	Rutherfordium (CNIC) Seaborgium (Berkeley)	Seaborgium (Sg) ; en l'honneur de Glenn Seaborg, chimiste américain qui fut codécouvreur de 11 éléments artificiels
107	Institut de recherche sur les ions lourds (GSI), Darmstadt, Allemagne (non contesté)	Bohrium (CNIC) Nielsbohrium (GSI)	Bohrium (Bh) ; en l'honneur du physicien danois Niels Bohr, dont la recherche contribua à la compréhension moderne de l'atome
108	GSI (non contesté)	Hahnium (CNIC) Hassium (GSI)	Hassium (Hs) ; nommé d'après l'État allemand de Hesse, où est située Darmstadt
109	GSI (non contesté)	Meitnerium (GSI, CNIC)	Meitnerium (Mt) ; en l'honneur de Lise Meitner, la physicienne autrichienne qui conçut l'idée de fission nucléaire



4. LES LABORATOIRES DE HAUTE TECHNOLOGIE comme l'Institut de recherche nucléaire de Dubna, en Russie (en haut), et le Laboratoire Lawrence Berkeley, aux États-Unis (à droite), ont été le foyer de nombreux nouveaux éléments.

soigneuse. Le succès est arrivé par intermittence, et les progrès récents ne sont pas l'exception. La prochaine étape, difficile à atteindre, est la fabrication des éléments 113 et 114. Malgré des efforts soutenus, aucun laboratoire au monde n'a encore créé ces éléments. Néanmoins, un long chemin a été parcouru depuis les années 1940, quand Niels Bohr prédisait que le fermium, l'élément 100, serait le dernier du tableau périodique. Nous identifions aujourd'hui de nouveaux éléments de période inférieure à dix microsecondes. Si, sur dix milliards d'essais, deux noyaux fusionnent pour former un seul atome superlourd, nous le trouverons.

À mesure que nous créons de nouveaux éléments, les progrès sont de plus en plus difficiles. La fusion froide et l'amélioration des techniques expérimentales pourraient aboutir à l'élément 114 si convoité, mais une loi fondamentale de la physique gêne l'obtention d'éléments plus lourds : les protons, positivement chargés, se repoussent avec des forces qui augmentent avec la taille du noyau. Jusqu'ici, nous avons surmonté ces forces, mais nous ne serons pas capables de continuer indéfiniment.

Aujourd'hui, tous les laboratoires cherchant des éléments superlourds collaborent étroitement, et la compétition politique entre les pays n'est plus une force motrice majeure. Toutefois, nous espérons que, même sans pressions politiques, les États continueront à soutenir la recherche sur les éléments superlourds. Cette recherche n'engendrera pas directement des résultats industrialisables, mais les résultats intellectuels et techniques justifient certainement les efforts : nous savons que le nombre d'éléments chimiques est fini. La question lancinante est : quelle est la limite ?

Peter ARMBRUSTER et Fritz Peter HESSBERGER travaillent à l'Institut de recherche sur les ions lourds (GSI), à Darmstadt.

Peter ARMBRUSTER, *On the Production of Heavy Elements by Cold Fusion : The Elements 106 to 109*, in *Annual Review of Nuclear and Particle Science*, vol. 35, pp. 135-194, 1985.

Gottfried MÜNZENBERG, *Recent Advances in the Discovery of Transuranium Elements*, in *Report on Progress in Physics*, vol. 51, n° 1, pp. 57-104, janvier 1988.

Peter ARMBRUSTER et Gottfried MÜNZENBERG, *La création d'éléments superlourds*, in *Pour la Science*, juillet 1989.

Richard STONE, *An Element of Stability*, in *Science*, vol. 278, pp. 571-572, 24 octobre 1997.

Peter ARMBRUSTER, *Meine 40 Jahre Mit Rückstosspektrometern*, in *Physics Blätter*, vol. 53, pp. 661-668, 1997.

Sigurd HOFMANN, *New Elements : Approaching Z = 114*, in *Reports on Progress in Physics*, vol. 61, n° 6, pp. 639-689, juin 1998.

