

mières expériences des années 1990 sur le rutherfordium (104) et le dubnium (105) suggéraient déjà que ces éléments n'avaient pas les propriétés attendues d'après leur position dans le tableau périodique. Ken Czerwinski et ses collègues, à l'Université de Californie à Berkeley, ont découvert que, en solution, le rutherfordium réagissait de façon similaire au plutonium, qui est très éloigné dans le tableau périodique. De même, le dubnium présentait des signes de comportement comparable à celui du protactinium, élément à nouveau assez éloigné dans le tableau périodique. En l'absence d'effets relativistes, ces deux éléments auraient dû se comporter comme ceux qui se trouvent directement au-dessus d'eux, à savoir le hafnium et le tantale. Ces mesures difficiles restent à confirmer.

Dans les travaux plus récents, les chercheurs ont synthétisé de nouveaux éléments superlourds, mais seulement en nombre limité (la découverte de l'élément 117 repose ainsi sur l'observation de six atomes seulement). De plus, les éléments superlourds sont très instables ; ils se désintègrent en éléments plus légers en une fraction de seconde. Les scientifiques sont réduits à observer les débris de cette décomposition nucléaire, qui fournit des informations sur la physique et la chimie des noyaux éphémères. Ainsi, étudier les propriétés chimiques grâce à la chimie « par voie humide » classique – mettre la substance dans un flacon et observer comment elle réagit avec d'autres composés chimiques – est impossible. Et pourtant les scientifiques ont trouvé des techniques ingénieuses pour étudier la chimie de ces éléments, atome par atome.

Comme le mercure ou comme le radon ?

Les expériences chimiques effectuées sur les deux éléments suivants, le seaborgium (106) et le bohrium (107), ont été décevantes comparées à celles menées sur les éléments 104 et 105. En effet, le seaborgium et le bohrium semblent réagir comme l'anticipent les règles de Mendeleïev, qui ignorent les effets relativistes. Le principe périodique semblait reprendre les commandes !

Dans le cas de l'élément 112, les chimistes et les physiciens ont voulu savoir si cet élément se comporte plutôt comme le mercure, qui se trouve juste au-dessus de lui dans le tableau périodique, ou comme

le radon, un gaz rare, ainsi que le prévoient certains calculs relativistes. Dans quelques expériences, des chercheurs ont synthétisé des atomes de l'élément 112, accompagnés d'isotopes lourds du mercure et du radon. Ces derniers existent à l'état naturel, mais les physiciens utilisent des éléments de synthèse, car ils peuvent les produire dans des conditions identiques à celles qui donnent naissance à l'élément 112.

Les expérimentateurs ont alors déposé ces atomes sur une surface maintenue à très basse température et recouverte en partie d'or et en partie de glace. Si l'élément 112 se comporte vraiment comme un métal, il se liera à l'or. S'il est davantage comparable au radon, il aura tendance à se déposer sur la glace. À ce jour, plusieurs laboratoires ont obtenu des résultats différents, et la situation est encore loin d'être clarifiée.

Les effets relativistes sur l'élément 114 ont aussi été étudiés. Les premiers résultats, rapportés par Robert Eichler et son équipe à l'Institut Paul Scherrer, en Suisse, ont surpris les scientifiques, tant ils vont à l'encontre de la théorie.

La poursuite des recherches sur la chimie des éléments superlourds devrait clarifier les divergences entre résultats expérimentaux et calculs théoriques. Simultanément, de nouveaux éléments seront ajoutés au tableau périodique. Une question plus générale est alors de savoir si ce tableau aura une fin. Le consensus général est que lorsque le nombre de protons devient trop grand, les noyaux ne se forment plus, même pendant un instant. Mais les opinions diffèrent sur le numéro atomique maximal. Selon certains calculs qui considèrent le noyau comme ponctuel, la limite se trouverait à l'élément 137. D'autres, qui ont pris en compte le volume du noyau, estiment que l'élément final sera de numéro atomique 172 ou 173.

On ignore encore si le principe de la périodicité du tableau s'applique aux éléments superlourds. Si les écarts dans les propriétés des atomes deviennent importants et systématiques, le tableau perdra son pouvoir prédictif. Mais cela ne retirera en rien son utilité pour de nombreux éléments. En général, le chimiste n'est pas confronté aux éléments les plus lourds – et instables – du tableau. Ainsi, 150 ans après sa conception, malgré les corrections dues aux effets relativistes, le tableau périodique de Mendeleïev est loin d'être obsolète et rend toujours de nombreux services. ■



Laboratoire Flerov

À la recherche de l'élément 119

Des éléments plus lourds que le 118 existent probablement. Leur découverte obligera à étendre le tableau périodique. Yuri Oganessian (ci-dessus), qui a dirigé l'équipe ayant créé l'élément 117, est maintenant prêt à tenter la synthèse du prochain élément, le 119. Celui-ci sera dans la colonne des alcalins, comme le lithium, le sodium, le potassium et le francium. Mais les effets relativistes pourraient lui donner des propriétés différentes.

■ BIBLIOGRAPHIE

E. Scerri, *A Very Short Introduction to the Periodic Table*, Oxford University Press, 2011.

P. Pykkö, *A suggested periodic table up to $Z \leq 172$, based on Dirac-Fock calculations on atoms and ions*, *Physical Chemistry Chemical Physics*, vol. 13, pp. 161-168, 2011.

E. Scerri, *Le tableau périodique des éléments, d'hier à demain*, *Pour la Science* n° 369, pp. 22-27, juillet 2008.

E. Scerri, *The Periodic Table, its Story and its Significance*, Oxford University Press, 2007.

HISTOIRE DES SCIENCES

Innovations et secrets, les « plis cachetés » de l'Académie des sciences

Depuis 1735, il est possible de déposer à l'Académie française des sciences une réflexion scientifique ou une invention sous la forme d'un pli cacheté. Qui sont les auteurs de ces plis ?

Edgardo D. CAROSELLA et Pierre BUSER

Au XVIII^e siècle, en France, fut créée à l'Académie royale des sciences une procédure grâce à laquelle toute personne pouvait déposer, auprès de son secrétaire perpétuel, des réflexions dans un domaine précis de la science, un point de vue, un message ou une invention qui lui auraient paru dignes d'être conservés. Le pli (jadis nommé paquet, puis paquet) était cacheté, signé par son auteur, et son dépôt était en général accepté. L'auteur pouvait ensuite le retirer ou, au contraire, lui-même ou ses ayants droit avaient la possibilité d'en demander ultérieurement l'ouverture.

Depuis le dépôt du premier pli, en 1735, beaucoup sont restés clos et se sont de la sorte accumulés. C'est pourquoi une Commission fut créée en 1776, sous l'impulsion du secrétaire perpétuel Paul Germain. Sa mission était de procéder à l'ouverture des plis 100 années après le dépôt, à moins que les légataires ayants droit l'aient exigée plus tôt ou que le déposant lui-même, toujours vivant, l'ait demandée.

Jusqu'ici, la Commission s'est toujours pliée à ces diverses règles en essayant (car telle est sa tâche essentielle) de décider, lors de ses réunions (en principe bisannuelles), de l'intérêt d'un pli qui vient d'être ouvert et de désigner d'éventuels rapporteurs qui évalueront sa valeur scientifique. Le cas échéant, elle préconise son insertion, avec commentaires, dans une des publications de l'Académie.

Si cette procédure fut jadis créée, c'est parce que l'Académie royale des sciences avait alors parmi ses attributions premières « l'examen des machines ». Cette mission lui avait été confiée afin que soit déterminé l'intérêt économique des inventions, de façon à les protéger des contrefaçons ou de procédés concurrents. Entre 1666 et 1735, l'Académie a ainsi accordé son agrément à 377 machines, conférant à leurs auteurs un privilège exclusif d'exploiter cette découverte. Et, de fait, le premier pli ouvert le 27 octobre 1776 débute ainsi : « Comme j'appréhende que l'ouvrier qui travaille mes machines ne divulgue mon dessein... »

Mais bientôt s'est imposée une importante restriction à propos des droits que confèrent les plis cachetés. Dès 1844, une loi a spécifié que « l'antériorité ne résulte pas d'un mémoire déposé sous pli cacheté à une société savante et ouvert postérieurement à la demande du brevet », ce qui, bien sûr, incluait ceux qui avaient été déposés à l'Académie. Dès lors a disparu toute stratégie commerciale qui aurait pu tenter certains déposants, les règles en vigueur à l'Académie stipulant que le dépôt d'un pli ne peut en aucun cas constituer une prise de date équivalant à celle d'un brevet. En somme, si un flou a existé à cet égard dans les temps anciens, certains dépôts de plis pouvant être mis au compte d'un tel intérêt, toute tentative d'utiliser les plis cachetés comme dépôt de brevet est ensuite devenue exclue et inopérante.

Quelles motivations animent les déposants ? Que cache ce besoin de mettre au secret ses propres pensées et hypothèses ? C'est ce que nous avons essayé de découvrir en nous livrant à une sorte d'enquête socioculturelle et psychologique sur les plis cachetés et le contexte de leur dépôt. Certes, dans nombre de cas, il reste difficile de déterminer le pourquoi d'un dépôt, que le déposant soit déjà connu ou qu'il ne le soit pas encore, ou encore qu'il soit destiné à rester inconnu. On ne peut toutefois éviter certaines inférences, dont voici quelques exemples.

Plus de 16 000 plis entre 1735 et 1883

Tout d'abord, quelques chiffres. Entre 1735 et 1883, plus de 16 000 plis cachetés ont été déposés, soit environ 6 par an de 1730 à 1830, et 95 par an de 1830 à 1883. Parmi les auteurs de quelque 7 000 plis déposés pendant la période 1760-1860, on dénombre environ 800 membres de l'Académie, 1 500 ingénieurs, 1 400 médecins, 1 360 professeurs et chercheurs, 400 officiers, 280 artisans, etc.

Le nombre de plis fluctue selon les années. Cette variation reflète certes les événements historiques ou politiques de la vie française, mais aussi, nous le verrons, des événements scientifiques ou techniques généralement extérieurs à l'Académie. Ainsi a-t-on noté une affluence de plis au cours de la Première Guerre mondiale, autour de 1917,

de médecins ou d'officiers intéressés par les divers aspects de la défense nationale. En revanche, pendant la Seconde Guerre mondiale, l'Académie, en semi-léthargie, n'a eu à accepter que peu de plis.

De 1983 à 1991, le nombre de plis déposés a été en moyenne de 74 par an. Depuis, l'Académie reçoit chaque année 48 plis en moyenne. La plupart de leurs auteurs ne signalent aucune appartenance à une université ou à un laboratoire de recherche.

De tous ces plis, seule une faible fraction a été ouverte ou retirée à la demande du déposant, comme si ces documents n'avaient d'intérêt que dans le cas où une réclamation de priorité se serait présentée avant leur publication. Telle est peut-être la raison pour laquelle des documents d'auteurs prestigieux sont parvenus jusqu'à nous, leur ouverture n'ayant pas été demandée, car aucun inventeur en quête de priorité ne s'était déclaré. C'est le cas des plis du chimiste Antoine Laurent de Lavoisier, du physico-chimiste Louis Pasteur, du médecin et physiologiste Claude Bernard, du physicien Henri Becquerel, de l'inventeur Charles Cros, du médecin et physiologiste Étienne-Jules Marey, du mathématicien Henri Poincaré, de l'inventeur Nicéphore Niepce et de bien d'autres.

Querelles bernoulliennes

Parmi ces plis d'auteurs passés à la postérité, quelques-uns retiennent particulièrement l'intérêt. D'abord, deux documents anciens, qui vont déjà bien au-delà de la préoccupation première de l'Académie pour les machines et qui marquent ce que sera la suite, c'est-à-dire un intérêt pour la science spéculative. Ces deux plis concernent les frères Jakob (ou Jacques) et Johann (ou Jean) Bernoulli, tous deux mathématiciens, le premier à Bâle, en Suisse, et le second à Groningue, aux Pays-Bas. On lit ainsi dans les *Registres des Procès-Verbaux des séances de l'Académie royale des sciences* que « M. le Marquis de l'Hospital a ouvert le 13 avril 1697 le

1. QUELQUES-UNS DES NOMBREUX PLIS cachetés reçus par l'Académie des sciences. Plus de 18 000 plis ont été déposés entre les années 1735 et 2012.



Adenise Lopes / Académie des sciences