

précédemment découverts (dont ceux de numéros atomiques 114 et 116) en tant qu'ajouts permanents au tableau périodique. Près de cent cinquante ans après que Dmitri Mendeleïev a rêvé d'une telle classification, la septième ligne du tableau des éléments était officiellement complétée.

Pourtant, la façon dont les événements se sont déroulés a profondément contrarié certains chercheurs. Claes Fahlander, physicien nucléaire à l'université de Lund, en Suède, s'attend à ce que les résultats expérimentaux viennent finalement confirmer les annonces du moscovium et du tennessé. Néanmoins, il soutient qu'il était «prématuré» d'approuver l'ajout de ces éléments. «Nous sommes des scientifiques», explique-t-il, «nous ne vivons pas dans les croyances, nous voulons des preuves.»

Alors que le monde se préparait à célébrer l'année internationale du tableau périodique en 2019, le débat sur les quatre ajouts récents a conduit à la révision du processus de vérification de futurs nouveaux éléments. Et la controverse a jeté le doute sur la rangée du bas du tableau périodique: il est possible que les autorités scientifiques responsables de la table réévaluent certaines des dernières découvertes.

Une partie du problème découle d'un désaccord entre certains chimistes et physiciens sur la question de savoir qui devrait être le garant légitime du tableau périodique. Historiquement, les chimistes ont joué ce rôle, car ce sont eux qui ont découvert au cours des siècles les éléments naturels grâce à des techniques propres à la chimie.

Depuis plusieurs décennies, cependant, les physiciens nucléaires mènent la traque de

nouveaux éléments, qu'ils créent artificiellement en fracassant des noyaux atomiques sur des cibles. Il faut parfois des années pour produire un seul atome de ces éléments superlourds, qui sont en outre notoirement instables et se désintègrent par radioactivité en quelques fractions de seconde. Ainsi, alors que les équipes rivalisaient pour être les premières à obtenir les prochains éléments, il est devenu plus difficile d'établir la preuve de leurs découvertes.

UNE DÉCISION QUI DÉPEND DU JWP, UN GROUPE D'EXPERTS

La responsabilité de l'approbation ou du rejet de nouveaux éléments incombe à deux organisations sœurs: l'Union internationale de chimie pure et appliquée (IUPAC) et l'Union internationale de physique pure et appliquée (IUPAP). Depuis 1999, elles s'appuient sur le jugement d'un groupe d'experts connu sous le nom de Joint Working Party (JWP), présidé par Paul Karol, chimiste nucléaire à l'université Carnegie-Mellon, à Pittsburgh, en Pennsylvanie. Réactivée périodiquement pour évaluer au fil de l'eau la découverte de nouveaux éléments, la dernière équipe du JWP s'est constituée en 2012 et s'est dissoute en 2016. Elle se composait de Paul Karol et de quatre physiciens.

Durant cette période, le groupe a attribué le mérite de la découverte des éléments 115, 117 et 118 à une collaboration russo-américaine dirigée par le physicien nucléaire chevronné Yuri Oganessian, de l'Institut unifié de recherches nucléaires (JINR pour Joint Institute for Nuclear Research), à Doubna, en Russie. Et le groupe d'experts a attribué l'élément 113 aux chercheurs du centre Nishina de recherches par accélérateur, de l'institut Riken, près de Tokyo. >

En 2015, quatre éléments superlourds sont venus officiellement compléter les cases du tableau périodique des éléments. Ils ont été nommés en 2016. Leurs noyaux atomiques, qui comprennent 113, 115, 117 et 118 protons, ont été produits en laboratoire, mais leur mise en évidence est difficile, notamment en raison de leur brève durée de vie.



Les décisions du JWP ont été annoncées publiquement le 30 décembre 2015, lorsque l'UICPA a publié un communiqué de presse claironnant la découverte des quatre nouveaux éléments (qui n'avaient pas encore reçu leur nom officiel). Les représentants de l'UICPA ont déclaré qu'ils avaient travaillé rapidement pour communiquer cette décision. En fait, ils ont émis cette annonce avant que le comité exécutif de l'UICPA ne puisse approuver les conclusions de JWP, comme le précisent pourtant ses règles internes. Cette approbation a eu lieu le mois suivant. Plus gênant, les conclusions du JWP n'avaient même pas été présentées à l'Union internationale de physique, l'UIPPA, qui s'attendait à être consultée, affirme Bruce McKellar, de l'université de Melbourne, en Australie, qui présidait cette association à l'époque.

TENSIONS ENTRE DEUX SOCIÉTÉS SAVANTES

Cette omission a ravivé les tensions entre les deux sociétés savantes. Cecilia Jarlskog, physicienne à l'université de Lund et présidente de l'UIPPA avant Bruce McKellar, affirme que pendant des années, l'Union internationale de chimie avait, de façon injustifiée, la mainmise sur le processus d'évaluation des découvertes (Paul Karol a déclaré à la revue *Nature* qu'en préparant les rapports du JWP, il était en relation presque exclusivement avec la société de chimie). Exprimant sa frustration lors du symposium de 2016, en Suède, Cecilia Jarlskog a accusé l'UICPA d'essayer de se mettre en avant en annonçant elle-même la découverte, et a fait valoir que seuls les physiciens «ont la compétence» pour évaluer les annonces de nouveaux éléments.

Les tensions entre les communautés des physiciens et des chimistes ont été exacerbées par des critiques sur la façon dont le JWP avait évalué la découverte des éléments 115 et 117. Le JWP avait validé les conclusions de l'équipe ayant découvert ces éléments, qui trouvait que les chaînes de désintégration radioactive des deux éléments présumés correspondaient bien et renforçaient la crédibilité des deux découvertes. Mais une telle analyse est notoirement sujette à caution pour les éléments de numéro atomique impair. Claes Fahlander et ses collègues, à l'université de Lund, ont signalé qu'il est très peu probable qu'une telle correspondance existe entre les éléments 115 et 117 – point qui a été porté à l'attention du JWP en février 2015.

Robert Barber, membre du groupe d'experts et physicien nucléaire à l'université du Manitoba, au Canada, explique que même si ses collègues et lui étaient «très préoccupés» par l'utilisation de ce type d'analyse, ils avaient conclu qu'il n'y avait pas d'alternative et qu'ils

étaient parvenus à un consensus sur toutes leurs décisions. Walter Loveland soutient également la décision globale. Et même si le dernier groupe du JWP s'est trompé sur certains détails, dit-il, le passé montre qu'il est peu probable que ses décisions soient remises en cause.

Le physicien nucléaire Vladimir Utyonkov, de l'institut de recherche nucléaire de Doubna, incrimine pour sa part directement le JWP. Bien qu'il ne soit pas d'accord avec l'argument du groupe de Lund sur l'analyse croisée et qu'il soit convaincu que la découverte russo-américaine est solide, il soutient que le groupe ne comprenait aucun expert «de haut niveau» sur la synthèse d'éléments lourds, et affirme que ses rapports préliminaires contenaient de nombreuses erreurs.

Paul Karol défend le travail que ses collègues et lui ont réalisé dans le cadre du JWP en déclarant qu'ils avaient essayé de se conformer aux critères publiés régissant le processus d'évaluation. Dans l'ensemble, dit-il, «je crois que le comité était extrêmement à l'aise avec le contenu de son rapport.» Il semble pourtant que la plupart des participants au congrès de 2016 en Suède aient été critiques vis-à-vis du JWP. David Hinde, physicien nucléaire à l'université australienne de Canberra, a demandé aux quelque cinquante chercheurs présents s'ils pensaient que les conclusions du panel d'experts étaient «scientifiquement satisfaisantes». Il dit avoir reçu très peu de réponses positives à cette question.

UNE QUESTION D'ÉVALUATION

Malgré ces divers problèmes, l'UICPA et l'UIPPA sont allées de l'avant et ont annoncé en juin 2016 les noms des quatre nouveaux éléments. Bruce McKellar admet qu'il avait des doutes à ce sujet, mais indique que, selon la plupart des physiciens et des chimistes qu'il a consultés, les conclusions générales du JWP – si ce n'est tous les détails de leurs analyses – étaient probablement solides.

Jan Reedijk, alors président de la division de chimie inorganique de l'UICPA, affirme que l'annonce initiale a été faite très tôt pour éviter les fuites dans la presse et pour satisfaire les demandes des laboratoires à l'origine de la découverte, impatients de diffuser l'information. Pour ce faire, raconte-t-il, il a rapidement approuvé les conclusions de JWP en décembre 2015 au nom de sa division, après qu'elles ont été expertisées par des pairs et acceptées pour publication dans la revue *Pure and Applied Chemistry* de l'Union internationale de chimie. «J'ai constaté que l'examen adéquat avait été fait, alors j'ai donné mon feu vert en moins d'une heure», ajoute-t-il.

Toutefois, il n'est pas clair s'il y a eu une évaluation vraiment indépendante ou non. Selon la directrice exécutive de l'Union

PREMIÈRES MESURES DIRECTES DES MASSES

Bien que certains chercheurs aient émis des doutes sur les détections des derniers noyaux superlourds, les recherches effectuées depuis les annonces tendent à confirmer ces découvertes. Le développement le plus récent en ce sens a été la mesure directe (par séparation spatiale des noyaux en fonction de leur rapport masse/charge), du nombre de masse (somme des nombres de protons et de neutrons) de noyaux de moscovium et de nihonium (J. M. Gates et al., *Physical Review Letters*, vol. 121, 222501, 2018). La mesure a porté sur des noyaux produits au laboratoire américain Lawrence-Berkeley en irradiant de l'américium 243 avec des ions de calcium 48. Les nombres de masse trouvés, 288 et 284 respectivement, sont compatibles avec les mesures indirectes fondées sur l'analyse des chaînes de désintégration, entachées de plusieurs incertitudes.