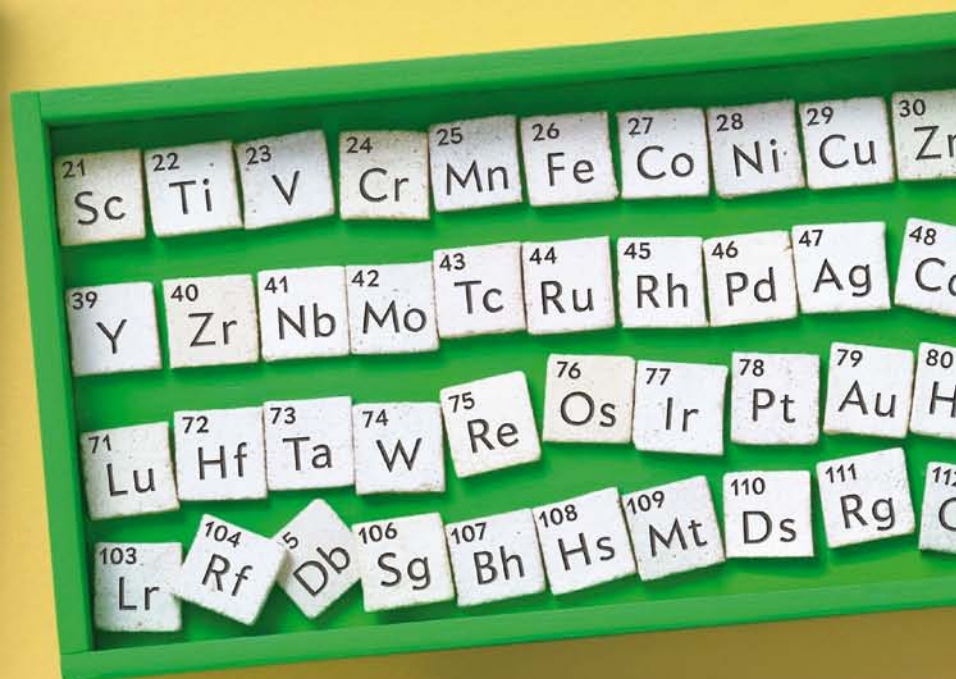


Des failles dans le tableau périodique



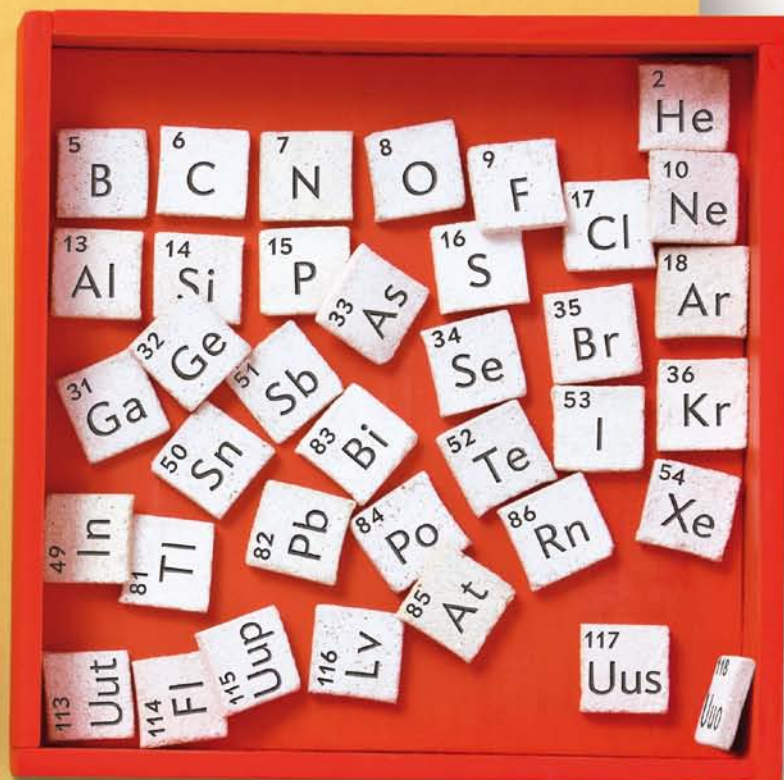
Eric Scerri

En 2010, des physiciens russes ont annoncé qu'ils avaient synthétisé les premiers noyaux atomiques de l'élément chimique 117, qui comportent 117 protons. Ce nouvel élément n'a pas encore de nom, car la communauté scientifique attend toujours une confirmation indépendante avant de lui en donner un. Mais, sauf surprises, l'élément de numéro atomique 117 a désormais sa place au sein du tableau périodique des éléments.

Jusque-là, tous les éléments jusqu'au 116, plus l'élément 118, avaient été découverts. Certains attendent cette fameuse confirmation indépendante. C'était le cas de l'élément 115, déjà synthétisé en 2004, mais dont l'observation vient d'être confirmée, en août 2013, par une équipe internationale.

Ainsi, le seul élément qui manquait à l'appel était le 117. Sa découverte permet de remplir la dernière case qui restait vide dans la ligne inférieure du tableau. Ce succès marque un moment unique dans l'histoire de la chimie. Depuis les travaux d'Antoine Laurent de Lavoisier à la fin du XVIII^e siècle, de nombreux chimistes ont tenté de recenser les éléments et de les organiser selon certaines règles. Dans les années 1860, le chimiste russe Dmitri Mendeleïev et d'autres ont élaboré le tableau périodique des éléments, très proche de celui que

La découverte de l'élément 117 a permis de remplir le dernier trou dans le tableau de Mendeleïev tel que nous le connaissons. Mais ce tableau aux propriétés remarquables pourrait présenter des défauts.



l'on utilise aujourd'hui. Mendeleïev laissa plusieurs cases vides dans son tableau, et il fit le pari audacieux qu'un jour, de nouveaux éléments seraient découverts qui viendraient combler ces lacunes. Depuis, les prévisions du chimiste russe ont été confirmées.

Le tableau périodique a connu des aménagements, des ajouts, mais un principe essentiel a été préservé : sa structure repose sur des propriétés récurrentes parmi les éléments. En outre, le tableau a toujours eu des trous, mais avec l'élément 117, il est complet pour la première fois.

Le fantôme de Mendeleïev doit savourer son triomphe. Cependant, des chimistes et des physiciens nucléaires tentent de synthétiser des éléments de numéro atomique dépassant 118. Une telle découverte nécessiterait d'ajouter des lignes comportant de nouvelles cases vides.

Cette extension du tableau devrait continuer d'en suivre la logique de construction. Cependant, quelques anomalies plus fondamentales commencent à poindre. Le principe même des propriétés récurrentes ne semble plus infaillible.

Quand Mendeleïev a conçu son tableau, il n'a pas seulement prévu l'existence d'éléments non encore observés ; de façon plus remarquable, il a deviné correctement leurs propriétés chimiques, en se fondant sur ces motifs récurrents.

En principe, deux éléments de la même colonne ont des propriétés similaires. Mais à mesure que le numéro atomique – le nombre de protons dans un noyau – augmentait, certains des éléments ajoutés ne se comportaient plus de la façon requise par le principe périodique. Les interactions chimiques de ces éléments, par exemple le type de liaisons qu'ils forment avec d'autres atomes, ne ressemblent pas à celles des autres éléments de la même colonne du tableau.

Pour quelle raison ? Autour des noyaux les plus lourds, certains des électrons sont en orbite à des vitesses représentant une fraction non négligeable de la vitesse de la lumière. Ils sont « relativistes », c'est-à-dire que les effets de la théorie de la relativité se font sentir. Le comportement de ces atomes diffère de celui attendu d'après leur position dans le tableau périodique. En outre, les

L'ESSENTIEL

- La découverte de l'élément 117 a permis de compléter le tableau périodique.
- Certains éléments lourds diffèrent par leur comportement chimique des éléments situés dans la même colonne, dérogeant aux principes d'organisation du tableau.
- Ces divergences seraient dues à des effets décrits par la théorie de la relativité restreinte et portant sur les électrons de l'atome.
- Les physiciens nucléaires étudient les propriétés des éléments les plus lourds du tableau pour comprendre ces effets.

LE TABLEAU PÉRIODIQUE COMPLET

semble marquer la réussite du projet de Mendeleïev et confirmer le principe de périodicité. Mais la théorie de la relativité restreinte vient noircir... le tableau.

calculs pour prévoir exactement les effets relativistes des électrons d'un atome sont complexes et l'étude de chaque élément requiert l'expérimentation. Ainsi, malgré le succès du tableau de Mendeleïev enfin rempli, sa puissance de prédiction semble avoir atteint une limite.

Il existe plus de 1000 versions du tableau périodique avec des variantes dans l'arrangement des éléments, mais toutes partagent une caractéristique essentielle. Quand on dispose les éléments séquentiellement, dans l'ordre du numéro atomique, leurs propriétés chimiques tendent à se répéter de façon périodique. Par exemple, si nous partons du lithium et que nous avançons de huit cases, nous arrivons au sodium. Ces éléments ont de nombreuses caractéristiques communes. Tous deux sont des métaux assez mous pour être coupés avec un couteau, et tous deux réagissent vivement avec l'eau. Et si nous avançons encore de huit cases, nous atteignons le potassium, qui est aussi un métal mou et réagit avec l'eau.

Dans les tout premiers tableaux périodiques, incluant ceux conçus par Mendeleïev, la longueur de chaque période – et donc la longueur de chaque rangée (ou ligne) – était toujours de huit. Le tableau était agencé pour avoir, par exemple, le lithium, le sodium et le potassium dans la même colonne. Bientôt, cependant, on découvrit que les quatrième et cinquième périodes ne se répètent pas après huit éléments, mais après 18.

En conséquence, les quatrième et cinquième rangées du tableau sont plus larges que les précédentes afin de recevoir le bloc supplémentaire d'éléments (les métaux de transition, qui se trouvent au milieu du tableau périodique dans la version usuelle). La sixième période se révéla être encore plus longue, contenant 32 éléments, en raison de l'inclusion d'une nouvelle série de 14 éléments. Ceux-ci forment avec le lutécium la famille des lanthanides (qui appartiennent aux terres rares).

À partir de 1937, les physiciens nucléaires ont commencé à synthétiser de nouveaux éléments, en commençant par le technétium. Celui-ci venait combler l'une des quatre lacunes du tableau périodique connu alors, qui allait de 1 (l'hydrogène) à 92 (l'uranium). Les trois autres pièces

manquantes suivirent peu après ; deux d'entre elles ont été synthétisées (l'astate et le prométhium) et la troisième a été découverte dans la nature (le francium). Mais alors même que ces lacunes étaient comblées, de nouvelles découvertes ajoutaient des éléments au-delà de l'uranium, laissant de nouvelles cases vides dans le tableau périodique.

Le chimiste américain Glenn Seaborg remarqua que l'actinium, le thorium, le protactinium, l'uranium et les dix éléments suivants faisaient partie d'une nouvelle série, qui comportait 14 éléments. Avec le lawrencium, on les nomme les actinides.

Au cours de la première moitié du XX^e siècle, les physiciens et les chimistes ont compris que la périodicité des éléments trouve son origine dans la physique quantique et, en particulier, dans la physique des électrons en orbite autour du noyau. Ces orbites, ou « orbitales », ne ressemblent pas à celles des planètes, qui décrivent des ellipses autour du Soleil. Elles correspondent à des régions de l'espace autour du noyau où il est possible de localiser l'électron lors d'une mesure. Elles se présentent sous différentes formes et tailles (voir l'encadré page ci-contre).

Les atomes de numéros atomiques élevés ont les mêmes types d'orbitales que ceux de numéros inférieurs, mais s'y ajoutent de nouveaux types d'orbitales. Les éléments de la première période ont uniquement une orbitale, de type noté *s*, qui peut être occupée par un ou deux électrons (un pour l'hydrogène, deux pour l'hélium). Pour les éléments des deuxième et troisième périodes s'ajoutent une autre orbitale de type *s* et trois orbitales d'une nouvelle sorte, notée *p*. Chacune de ces quatre orbitales peut être occupée par un ou deux électrons, pour un potentiel total de huit électrons – d'où la périodicité de huit dans les versions originales de la classification périodique. Les quatrième et cinquième périodes ont, en plus des types *s* et *p*, un troisième type d'orbitale, noté *d*, qui ajoute dix places supplémentaires pour les électrons et, par conséquent, étend les périodes à 18. Enfin, les deux derniers cycles ont des orbitales de types *s*, *p*, *d* et *f*, et ont une longueur de 32 éléments (18 + 14).

Quand Yuri Oganessian et ses collaborateurs à l'Institut unifié de physique nucléaire, à Doubna, près de Moscou, ont annoncé qu'ils avaient synthétisé « l'insaisissable » élément 117, tous les éléments de