

La classification périodique des éléments

ERIC SCERRI

Depuis ses prémices, il y a environ 200 ans, la classification périodique est devenue un outil essentiel pour les chimistes modernes.

Le tableau de Mendeleïev est une des vedettes de la chimie : sous une forme synthétique, il rassemble une quantité considérable de connaissances. Suspendu au mur de la plupart des laboratoires de chimie du monde, présent sur les pages de garde de la plupart des manuels, il n'a pas d'équivalent dans les autres disciplines scientifiques.

Pendant près de deux siècles, les classifications d'éléments chimiques ont été discutées et perfectionnées. Après les travaux de Mendeleïev, les cases vides du tableau qu'il proposa ont été remplies par les chimistes ou par les physiciens qui découvrirent de nouveaux éléments.

Toutefois, les bouleversements scientifiques du début du siècle – la constitution de la théorie de la relativité et de la mécanique quantique – n'ont pas remanié le tableau de Mendeleïev. Quelques découvertes ont semblé menacer ses fondements, mais, chaque fois, les scientifiques ont préservé sa structure, tout en incorporant les nouveaux résultats. Le tableau de Mendeleïev est remarquable par son ancienneté et par sa modernité.

Le tableau de Mendeleïev, qui matérialise la classification périodique des éléments chimiques, met en valeur des ressemblances chimiques entre ces éléments, à intervalles de numéros atomiques périodiques (le numéro atomique est le nombre de protons présents dans le noyau). Sans la périodicité exprimée par cette classification, les étudiants en chimie devraient apprendre les propriétés de chacun des 112 éléments connus. Grâce à la classification périodique, les chimistes déterminent les propriétés de n'importe quel élément en

cherchant la famille à laquelle il appartient. Ces familles forment les colonnes du tableau.

Le système périodique de classification des éléments n'a pas été découvert par un génie isolé : c'est l'aboutissement d'avancées scientifiques nombreuses, qui furent un jour résumées sous une forme graphique simple. Cependant, les historiens des sciences considèrent qu'un événement marque la naissance formelle du tableau périodique moderne : le 17 février 1869, un professeur de chimie russe, Dmitri Ivanovitch Mendeleïev, termina le premier de ces nombreux tableaux périodiques. Il classait les 63 éléments connus selon leur masse atomique et selon leurs propriétés chimiques ; Mendeleïev avait aussi laissé des cases vides pour des éléments alors non découverts, dont il prédisait les masses atomiques.

Avant Mendeleïev, de nombreux chimistes avaient cherché des principes organisateurs pour classer les éléments. En 1787, par exemple, Antoine Laurent de Lavoisier, Antoine Fourcroy, Louis-Bernard Guyton de Morveau et Claude-Louis Berthollet avaient dressé une liste des 33 éléments connus à leur époque. Toutefois, cette liste, et d'autres qui suivirent, n'avaient qu'une seule dimension ; de surcroît, elle n'était pas encore périodique. La force du tableau moderne réside dans la représentation en deux dimensions, voire en trois dimensions, de tous les éléments connus.

Soucieux des relations entre les éléments, le chimiste allemand Johann Döbereiner souligna, en 1817, que bien des éléments connus pouvaient être rangés par leurs similarités en groupes de trois, qu'il nomma triades : le

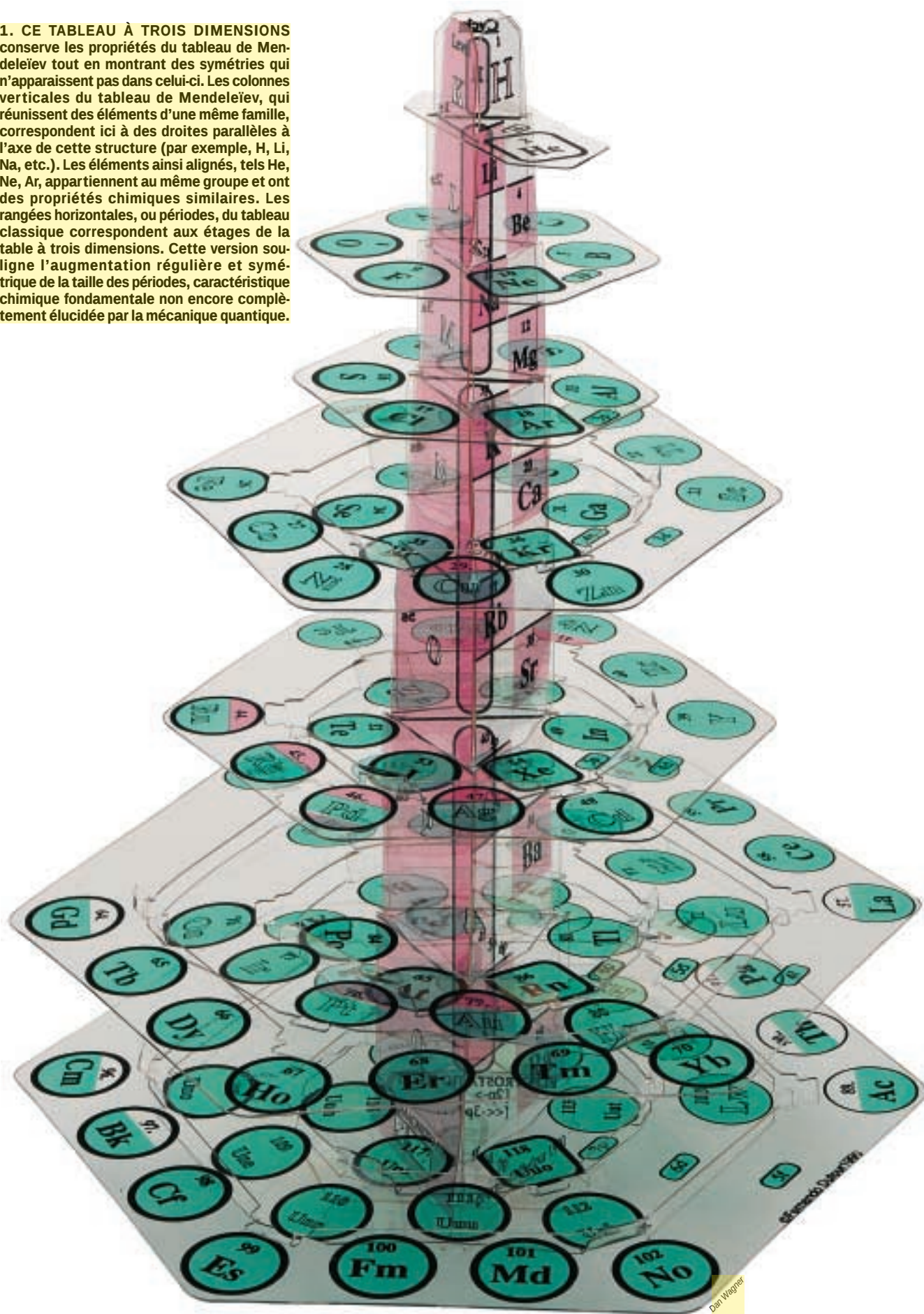
lithium, le sodium et le potassium formaient une triade ; le chlore, le brome et l'iode formaient une autre triade. Il observa que, quand on classait les éléments des triades par ordre de masse atomique, les propriétés de l'élément central étaient intermédiaires entre celles des premier et troisième éléments. Par exemple, le lithium, le sodium et le potassium réagissent avec l'eau ; cependant, le lithium, le moins massif de la triade, réagit moins que les deux autres, et le plus massif des trois, le potassium, réagit plus violemment que le sodium. De surcroît, Döbereiner montra que la masse atomique de l'élément central est proche de la moyenne de la masse du premier élément et de celle du troisième membre de la triade.

Les propriétés périodiques des éléments

Ce travail encouragea les chimistes à rechercher des corrélations entre les propriétés chimiques des éléments et leur masse atomique. Parmi ceux qui poursuivirent l'approche de la triade au XIX^e siècle, Peter Kremers, de Cologne, observa que certains éléments appartenaient à deux triades disposées perpendiculairement. Kremers franchit ainsi une nouvelle étape en comparant les éléments dans deux directions, une caractéristique qui sera un aspect essentiel du système de Mendeleïev.

La caractéristique principale de la classification de Mendeleïev est la périodicité des propriétés des éléments, à intervalles réguliers. Ce comportement avait déjà été observé dans un classement des éléments selon la masse atomique conçu en 1862 par le géologue

1. CE TABLEAU À TROIS DIMENSIONS conserve les propriétés du tableau de Mendeleïev tout en montrant des symétries qui n'apparaissent pas dans celui-ci. Les colonnes verticales du tableau de Mendeleïev, qui réunissent des éléments d'une même famille, correspondent ici à des droites parallèles à l'axe de cette structure (par exemple, H, Li, Na, etc.). Les éléments ainsi alignés, tels He, Ne, Ar, appartiennent au même groupe et ont des propriétés chimiques similaires. Les rangées horizontales, ou périodes, du tableau classique correspondent aux étages de la table à trois dimensions. Cette version souligne l'augmentation régulière et symétrique de la taille des périodes, caractéristique chimique fondamentale non encore complètement élucidée par la mécanique quantique.



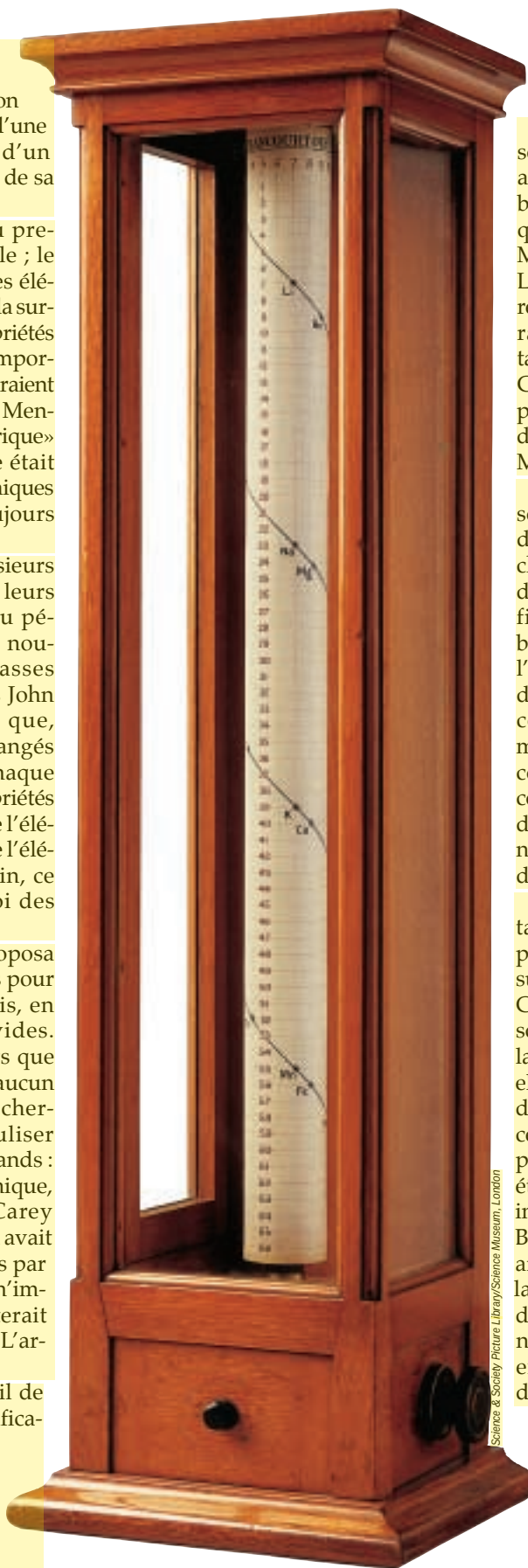
français Alexandre-Émile Béguyer de Chancourtois. Ce dernier plaçait les éléments en fonction de leur masse atomique le long d'une spirale inscrite sur la surface d'un cylindre, et inclinée à 45 degrés de sa base (voir la figure 2).

L'oxygène était à la fin du premier tour complet de la spirale ; le soufre à la fin du deuxième. Les éléments alignés verticalement sur la surface du cylindre avaient des propriétés similaires. Ainsi, ce système comportait déjà les caractéristiques qui seraient essentielles dans le système de Mendeleïev. Pourtant, cette «vis tellurique» eut peu de succès : le système était compliqué, et les similarités chimiques des éléments n'étaient pas toujours probantes.

Durant les années 1860, plusieurs autres chercheurs élaborèrent leurs propres versions d'un tableau périodique. Utilisant les valeurs nouvellement fixées pour les masses atomiques, le chimiste anglais John Newlands observa en 1864 que, lorsque les éléments étaient rangés selon leur masse atomique, chaque élément de la liste avait des propriétés chimiques analogues à celles de l'élément situé huit cases avant et de l'élément placé huit cases plus loin, ce que Newlands nomma «la loi des octaves».

Initialement, Newlands proposa un tableau avec des cases vides pour des éléments manquants, mais, en 1866, il supprima ces cases vides. Des chimistes objectèrent alors que ce tableau ne pourrait inclure aucun nouvel élément, et quelques chercheurs allèrent jusqu'à ridiculiser ouvertement les idées de Newlands : à une session de la Société chimique, à Londres en 1866, George Carey Foster demanda à Newlands s'il avait envisagé de classer les éléments par ordre alphabétique, parce que n'importe quel classement présenterait des coïncidences de propriétés. L'article de Newlands fut refusé.

Malgré cet accueil, le travail de Newlands est la première classification fondée sur une séquence de nombres ordinaux : la séquence des masses atomiques, au lieu de la séquence des numéros atomiques utilisée aujourd'hui (le concept de numéro atomique ne fut pas élaboré avant le début du XX^e siècle).



2. CETTE «VIS TELLURIQUE» est un ancêtre du système périodique de classification des éléments chimiques. Elle fut conçue en 1862 par le géologue français Alexandre-Émile Béguyer de Chancourtois, qui découvrit la périodicité des propriétés des éléments.

Le tableau périodique moderne

En 1868, alors qu'il terminait son manuel de chimie, le chimiste allemand Julius Lothar Meyer élaborait un tableau périodique remarquablement proche de celui que Mendeleïev donnerait un an après. Lothar Meyer ne classa pas correctement tous les éléments et, en raison du retard de l'éditeur, le tableau ne fut imprimé qu'en 1870. Ce retard contribua au développement d'une âpre controverse d'antériorité entre Lothar Meyer et Mendeleïev.

Mendeleïev établit également son tableau périodique au cours de la rédaction d'un manuel de chimie. Contrairement à ses prédécesseurs, Mendeleïev avait suffisamment confiance en son tableau périodique pour prédire l'existence de nouveaux éléments, dont il annonçait les propriétés. Il corrigea même les masses atomiques de quelques éléments déjà connus. Mendeleïev admit avoir connu certaines tables antérieures, dont celle de Newlands, mais il nia avoir été au courant du travail de Lothar Meyer.

Bien que l'aspect prédictif du tableau de Mendeleïev ait été un progrès majeur, il semble avoir été surestimé par certains historiens. Ce n'est apparemment pas la raison de son acceptation générale : la Société royale de Londres, quand elle remit la médaille Davy à Mendeleïev, en 1882, ne mentionne pas ces prédictions. Pour ses contemporains, le tableau de Mendeleïev était surtout intéressant parce qu'il intégrait les éléments déjà connus. Bien que de nombreux scientifiques aient contribué à l'émergence de la classification périodique, Mendeleïev l'éleva au rang de loi de la nature et passa le reste de sa vie à examiner ses conséquences et à défendre sa validité.

Cette défense du tableau périodique n'était pas aisée : sa précision et sa validité étaient fréquemment mises en doute par les nouvelles découvertes. Ainsi, en 1894, la découverte de l'argon par William Ramsay et Lord Rayleigh fut à l'origine d'une grave crise théorique. Cette découverte fut