

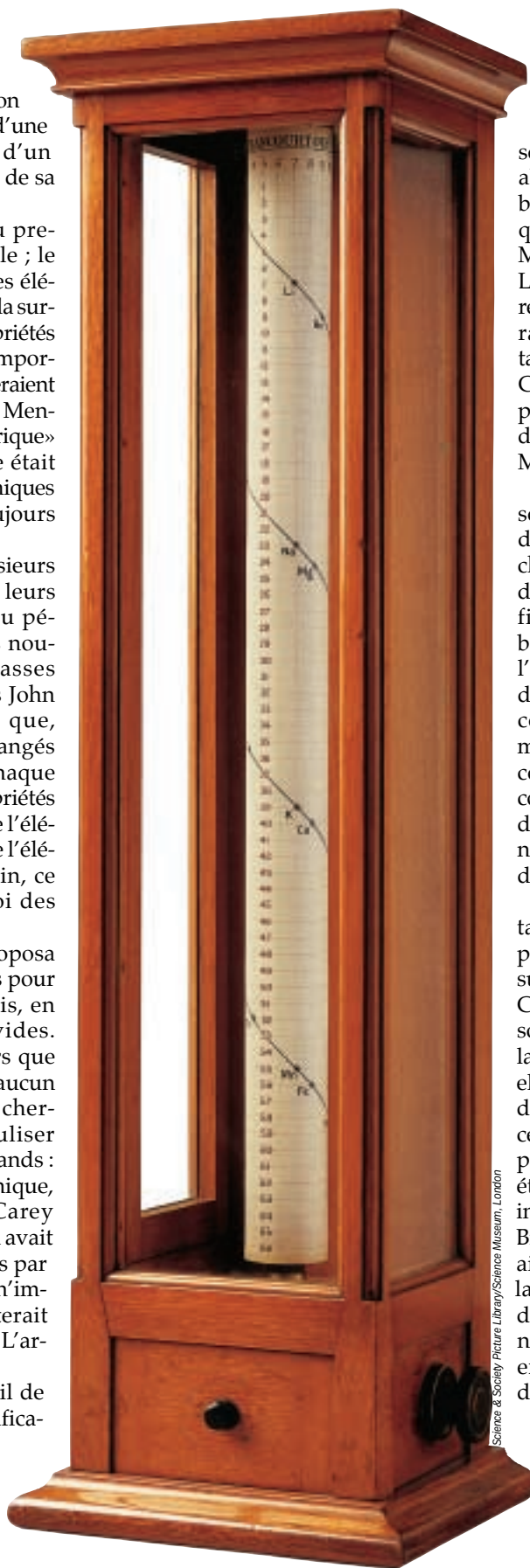
français Alexandre-Émile Béguyer de Chancourtois. Ce dernier plaçait les éléments en fonction de leur masse atomique le long d'une spirale inscrite sur la surface d'un cylindre, et inclinée à 45 degrés de sa base (voir la figure 2).

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

rapidement suivie de celle de quatre nouveaux éléments, l'hélium, le néon, le krypton et le xénon, également par Ramsay. Puis, en 1900, le physicien allemand Friedrich Ernst Dorn découvrit le radon. Tous ces éléments sont ce qu'on nomme aujourd'hui des gaz rares, ou gaz nobles.

Ces dénominations proviennent de ce que tous ces éléments sont des gaz (à la température ambiante) qui se distinguent des autres éléments par leur inertie chimique. Personne n'avait prédit leur existence, et les chimistes et les physiciens mirent six ans à leur trouver une place dans le tableau périodique. Ils durent ajouter une colonne entre les halogènes (le fluor, le chlore, le brome, l'iode et l'astate) et les métaux alcalins (le lithium, le sodium, le potassium, le rubidium, le césium et le francium).

L'ordonnement précis des éléments était un second point de litige. Le tableau de Mendeleïev classait les éléments par ordre de masse atomique, mais, en 1913, le théoricien amateur hollandais Anton van den Broek montra que le principe ordonnateur du tableau périodique était plutôt la charge nucléaire de chaque atome. Cette hypothèse fut testée la même année par Henry Moseley, peu de temps avant sa mort tragique au début de la Première Guerre mondiale.

Moseley analysa le spectre d'absorption des rayons X de douze éléments, dont dix occupaient des cases successives dans le tableau périodique. Il découvrit que les fréquences de certaines raies d'absorption, dans le spectre de chaque élément, étaient proportionnelles aux carrés des entiers représentant la position successive de chaque élément dans le tableau (les raies d'absorption correspondent aux longueurs d'onde absorbées par les atomes). C'était la preuve qu'«il y a dans l'atome une quantité fondamentale, qui croît par paliers réguliers quand on passe d'un élé-

ment au suivant». Cette quantité fondamentale, qu'Ernest Rutherford nomma le numéro atomique en 1920, est aujourd'hui identifiée comme le nombre de protons du noyau.

Grâce au travail de Moseley, les chimistes pouvaient déterminer combien de cases vides, d'éléments nouveaux, restaient à découvrir. Les chimistes adoptèrent rapidement le numéro atomique pour classer les éléments dans le tableau. Des problèmes lancinants furent alors résolus. Par exemple, quand on classait l'iode et le tellure par ordre de masse atomique (avec l'iode en premier), les deux éléments apparaissaient incorrectement positionnés en fonction de leur comportement chimique ; en revanche, lorsqu'ils sont classés selon leur numéro atomique (avec le tellure en premier), les deux éléments sont bien positionnés.

Comprendre l'atome

Le tableau périodique guida les chimistes, mais aussi les physiciens qui cherchaient la structure de l'atome. En 1904, à Cambridge, le physicien Joseph Thomson (qui découvrit notamment l'électron) élaborait un modèle de l'atome qui tenait compte de la périodicité des éléments : il proposa que les atomes d'un élément contiennent tous le même nombre d'électrons, arrangés en anneaux concentriques ; les éléments avec des configurations d'électrons similaires devaient avoir des propriétés similaires. Le travail de Thomson expliquait la périodicité des éléments. Thomson imaginait que les anneaux d'électrons étaient à l'intérieur du corps principal de l'atome plutôt qu'autour du noyau, comme on le pense aujourd'hui, mais son modèle est le premier qui envisagea l'arrangement des électrons dans l'atome, un concept aujourd'hui omniprésent en chimie.

Le physicien danois Niels Bohr, le premier qui appliqua la mécanique quantique à l'atome, s'intéressait également à l'arrangement des éléments dans la classification périodique. Dans le modèle atomique de Bohr, élaboré en 1913, les électrons occupent une série de couches concentriques autour du noyau. Selon Bohr, les éléments du même groupe, dans le tableau périodique, devaient avoir des configurations électroniques de leurs couches externes analogues, et les propriétés chimiques d'un élément devaient dépendre en grande partie de l'arrangement des électrons dans la couche atomique externe.

Le modèle atomique de Bohr expliquait également pourquoi les éléments nobles réagissent peu : ils ont des couches externes entièrement remplies d'électrons, de sorte qu'ils sont très stables et peu aptes à former des composés. En revanche, la plupart des autres éléments réagissent de telle sorte que leurs couches

3. LE TABLEAU PÉRIODIQUE fut élaboré par le chimiste russe Dmitri Ivanovitch Mendeleïev en février 1869. Sur ce brouillon, les groupes d'éléments sont horizontaux plutôt que verticaux, comme dans le tableau classique.

Daguer Collection, University of Cincinnati

externes deviennent complètes. On a récemment découvert que Bohr obtint ces conclusions par une analyse chimique plus que par l'application de la mécanique quantique : il déduisit les propriétés des couches électroniques en analysant les propriétés chimiques et spectroscopiques des éléments.

En 1924, un autre physicien, l'Autrichien Wolfgang Pauli, entreprit d'expliquer la longueur de chaque rangée, ou période, dans le tableau. Le principe d'exclusion qu'il énonça stipule que deux électrons ne peuvent exister dans le même état quantique.

Les restrictions de remplissage issues de la mécanique quantique font ainsi apparaître plusieurs périodes dans le tableau.

Au milieu des années 1920, Werner Heisenberg et Erwin Schrödinger donnèrent à la mécanique quantique une forme proche de celle que nous connaissons aujourd'hui. Toutefois, l'influence de ces progrès sur le tableau périodique fut minime. Malgré les efforts de nombreux physiciens et chimistes, la mécanique quantique n'explique pas toutes les propriétés du tableau périodique.

Pourquoi cette incapacité? Parce que l'équation fondamentale de la mécanique quantique, l'équation de Schrödinger, ne peut être exactement résolue pour d'autres atomes que l'hydrogène et que, même avec les approximations utilisées en chimie quantique, personne n'a encore réussi à prédire l'ordre de remplissage des couches électroniques. Ainsi, la mécanique quantique peut seulement reproduire la périodicité des éléments par l'utilisation d'approximations, mais elle ne peut prédire le système périodique.

4. LE TABLEAU PÉRIODIQUE DES ÉLÉMENTS se trouve dans toutes les classes de chimie et dans tous les laboratoires du monde. Cette version fait ressortir les groupes d'éléments qui ont des propriétés chimiques similaires en colonnes verticales, mais il n'est pas symétrique (les différentes couleurs du tableau indiquent les éléments avec le même type de couche externe d'électrons).

1 H		4. LE TABLEAU PÉRIODIQUE DES ÉLÉMENTS se trouve dans toutes les classes de chimie et dans tous les laboratoires du monde. Cette version fait ressortir les groupes d'éléments qui ont des propriétés chimiques similaires en colonnes verticales, mais il n'est pas symétrique (les différentes couleurs du tableau indiquent les éléments avec le même type de couche externe d'électrons).										2 He																							
3 Li		4 Be										5 B		6 C		7 N		8 O		9 F		10 Ne													
11 Na		12 Mg										13 Al		14 Si		15 P		16 S		17 Cl		18 Ar													
19 K		20 Ca		21 Sc		22 Ti		23 V		24 Cr		25 Mn		26 Fe		27 Co		28 Ni		29 Cu		30 Zn		31 Ga		32 Ge		33 As		34 Se		35 Br		36 Kr	
37 Rb		38 Sr		39 Y		40 Zr		41 Nb		42 Mo		43 Tc		44 Ru		45 Rh		46 Pd		47 Ag		48 Cd		49 In		50 Sn		51 Sb		52 Te		53 I		54 Xe	
55 Cs		56 Ba		71 Lu		72 Hf		73 Ta		74 W		75 Re		76 Os		77 Ir		78 Pt		79 Au		80 Hg		81 Tl		82 Pb		83 Bi		84 Po		85 At		86 Rn	
87 Fr		88 Ra		103 Lr		104 Rf		105 Db		106 Sg		107 Bh		108 Hs		109 Mt		110*		111*		112*		113†		114†		115†		116†		117†		118†	

* Ces éléments ont été découverts, mais pas encore officiellement nommés.

+ Ces éléments n'ont pas encore été découverts.

57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb
89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No

Laurie Grace

5. LE TABLEAU PYRAMIDAL est une forme du tableau périodique qui illustre la symétrie de la loi périodique, en particulier dans sa relation avec les longueurs des périodes successives. Celui-ci est une forme modifiée du tableau récemment élaboré par William Jensen, de l'Université de Cincinnati. Les lignes continues épaisses indiquent les éléments aux couches électroniques externes analogues ; les lignes continues fines indiquent les éléments des mêmes groupes ; les lignes en pointillés soulignent des relations secondaires en terme de propriétés chimiques.

5. LE TABLEAU PYRAMIDAL est une forme du tableau périodique qui illustre la symétrie de la loi périodique, en particulier dans sa relation avec les longueurs des périodes successives. Celui-ci est une forme modifiée du tableau récemment élaboré par William Jensen, de l'Université de Cincinnati. Les lignes continues épaisses indiquent les éléments aux couches électroniques externes analogues ; les lignes continues fines indiquent les éléments des mêmes groupes ; les lignes en pointillé soulignent des relations secondaires en terme de propriétés chimiques.

																H	He																
																Li	Be	B	C	N	O	F	Ne										
																Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar										
																K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
																Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Td	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn		
Fr	Ra	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	110*	111*	112*	113†	114†	115†	116†	117†	118†		

* Ces éléments ont été découverts, mais pas encore officiellement nommés.
 + Ces éléments n'ont pas encore été découverts.

* Ces éléments ont été découverts, mais pas encore officiellement nommés.

+ Ces éléments n'ont pas encore été découverts.

Laurie Grace