

Sur la route de Mendeleïev : de la chimie à la physique des particules

Maurice Robert Kibler

► **To cite this version:**

Maurice Robert Kibler. Sur la route de Mendeleïev : de la chimie à la physique des particules. La Gazette de l'IPNL, 2007, 14, pp.7-8. in2p3-00167403

HAL Id: in2p3-00167403

<http://hal.in2p3.fr/in2p3-00167403>

Submitted on 20 Aug 2007

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

article in (easy) French from:

La G@zette de l'IPNL,

Institut de Physique Nucléaire de Lyon,

N°14 (July 2007) pp. 7-8

Sur la route de Mendeleïev : de la chimie à la physique des particules

On célèbre cette année le 100^{ème} anniversaire de la mort de Dimitri Ivanovitch Mendeleïev. C'est dire que 2007 est riche en manifestations (congrès, expositions, etc.) et publications de livres et d'articles dédiés à Mendeleïev, un des pères de la classification périodique des éléments chimiques.

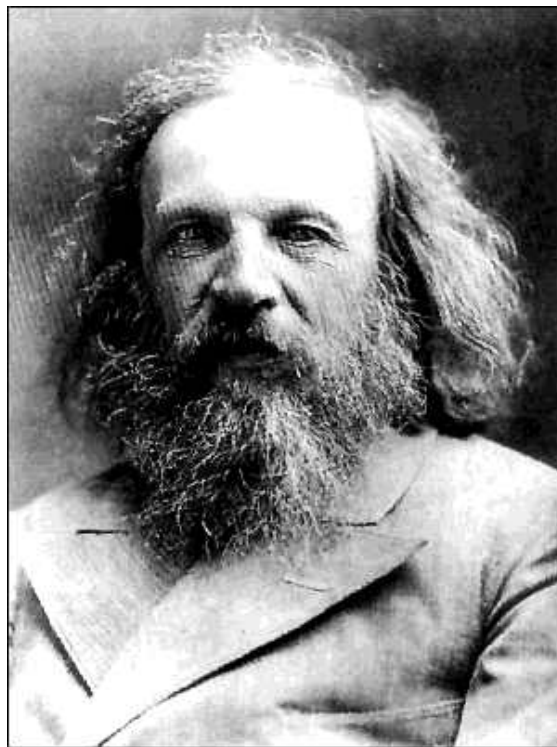
Mendeleïev n'a pas été le seul à classer des éléments. Il a eu d'illustres précurseurs comme, par exemple, Lavoisier et ses 33 substances simples (dont 23 seulement correspondent à des corps simples), Döbereiner et ses triades, Beguyer de Chancourtois et sa spirale sur laquelle sont rangés des éléments avec une périodicité d'ordre 8, Newlands et ses octaves et Meyer et ses courbes. Alexandre-Émile Beguyer de Chancourtois est souvent présenté comme le Mendeleïev français (voir l'article dans *The New York Times* du 21 novembre 2006 : « Did a Frenchman beat Mendeleev to the periodic table? »). Alors, pourquoi retient-on le nom de Mendeleïev ? En effet, comme beaucoup de ses prédécesseurs, il classe selon les poids atomiques croissants (ce qui est une approximation : il faudra attendre Moseley et sa loi de 1913 pour reconnaître que la place d'un élément dans le tableau périodique est déterminé par son numéro atomique Z plutôt que par son poids atomique).

Mais, en 1869, il n'hésite pas à faire : 1) des inversions (comme Te/I et Ni/Co) qui vont à contrario des poids atomiques croissants, 2) laisser des cases vides, 3) prédire des nouveaux éléments (les fameux eka-éléments) et 4) donner les propriétés chimiques et physiques des éléments prédits. Cela n'est pas sans rappeler la prédiction, avec toutes les bonnes propriétés, de la particule étrange Ω par Gell-Mann en 1962.

L'après 69 (1869!) va voir la découverte des eka-éléments (comme l'eka-aluminium ou gallium et l'eka-silicium ou germanium). La taille du tableau périodique ne va pas cesser d'augmenter : si on connaissait 63

éléments vers 1870, on en connaîtra 86 vers 1940 et on en connaît actuellement 116. Mais et surtout l'après Mendeleïev se caractérise par le « démontage » de l'atome et le passage de la physique atomique à la physique nucléaire puis à la physique des particules.

Tout commence avec la découverte de l'électron dans les rayons cathodiques par J.J. Thomson en 1897. En 1911, l'expé-



rience de Rutherford de diffusion de particules α par une cible d'or va mettre en évidence le noyau atomique. (Cette expérience préfigure les expériences de diffusion inélastique profonde d'électrons sur protons réalisés en 1966 à Stanford qui mettront en évidence les partons de Bjorken et Feynman ou quarks/aces de Gell-Mann/Zweig.) Ceci va conduire à abandonner le modèle du pain aux raisins de l'atome (une sphère positive piquée d'électrons) pour l'atome et conduira au modèle planétaire d'un noyau autour duquel se meuvent des électrons. Le passage à la physique nucléaire se fera en 1932 avec la découverte du neutron par Chadwick et le modèle de Heisenberg. Le monde des par-

ticules est simple en 1932 : avec 4 particules (électron, proton, neutron et neutrino postulé par Pauli en 1930) et le photon on explique beaucoup de choses. Mais tout se complique avec l'arrivée du muon (en 1937), des pions (en 1947) et des particules dites étranges (dans les années 50). Il faut trouver un moyen de classer les nombreuses particules connues. Cela se fera en 1961 avec le modèle de la voie octuplet de Gell-Mann et Ne'eman basé sur le groupe $SU(3)$: les hadrons (particules du type proton ou pion) sont classés dans de petits tableaux issus de la théorie des groupes et comportant 8 ou 10 cases, tableaux dans lesquels on range des particules ayant des propriétés voisines. Et c'est là que Gell-Mann va jouer à l'eka-particule : à l'époque on connaît 9 baryons ayant des propriétés voisines, que l'on peut donc disposer dans un tableau à 10 cases, et il postule une dixième particule (la particule Ω) pour remplir le tableau, particule qui sera observée deux ans plus tard en 1964.

L'histoire va se continuer avec l'hypothèse des quarks (3 en 1964 et 6 en 2007), à partir desquels on construit tous les hadrons, et par la découverte de nouveaux électrons et neutrinos (ils sont maintenant 6, 3 électrons et 3 neutrinos). Ces 6+6 particules de matière peuvent être disposées dans un tableau périodique comportant 3 périodes ou générations de 2 quarks, un électron et un neutrino. Ceci nous amènera au modèle standard de la physique des particules et de leurs interactions ; mais ce sera pour une autre fois dans cette rubrique « Histoire des sciences ». Pour cette gazette, nous allons revenir à Mendeleïev et voir comment les modèles basés sur la théorie des groupes (ou symétries) développés pour la physique des particules ont influencé la compréhension du tableau périodique.

Dès 1922, Bohr donne une interprétation quantique du tableau périodique, basée sur l'ancienne théorie des quanta, au moyen d'un remplissage d'orbites elliptiques de

Bohr et Sommerfeld. À la fin des années 20, le modèle des couches de la physique atomique donnera une assise plus quantitative à cette description quantique du tableau. Mais la grande nouveauté viendra des années 70. Sur la base de modèles de théorie des groupes utilisés en physique des particules et dans la description de certains systèmes dynamiques, le groupe conforme $SO(4,2)$ est proposé pour la classification des éléments chimiques. Il en résulte un nouveau tableau périodique (voire figure). Les grandes caractéristiques de ce nouveau tableau sont les suivantes : 1) l'hydrogène et l'hélium sont dans la famille des alcalins et des alcalino-terreux, réciproquement ;

2) les lanthanides et les terres rares ne sont pas relégués à la périphérie du tableau : ces éléments y occupent une place naturelle ; 3) chaque bloc de 6, 10, 14, ... éléments est divisé en 2 sous-blocs ce qui correspond pour les terres rares à la subdivision en terres rares légères et terres rares lourdes ; les superactinides vont de $Z = 139$ à $Z = 152$ et non de $Z = 122$ à $Z = 153$ comme prédit par Seaborg ; 5) le nombre d'éléments dans le tableau est a priori infini. Pour finir, disons que cette approche présente de fortes potentialités pour une description quantitative (à la Gell-Mann/Okubo, cf. la physique des particules) des éléments chimiques.

[Pour en savoir plus, voir M.R. Kibler, From the Mendeleev periodic table to particle physics and back to the periodic table, dans Foundations of Chemistry (2007), arXiv : quant-ph/0611287 et: <http://spiral.univ-lyon1.fr/entree.asp?id=2770>.]

Maurice KIBLER

Tableau périodique basé sur le groupe $SO(4,2) \times SU(2)$

Chaque élément est repéré par son numéro atomique Z et son symbole chimique. Par exemple $Z = 111$ correspond à Rg (roentgenium). Le symbole « X? » correspond à un élément observé qui n'a pas encore reçu de nom. Finalement, « no » correspond à un élément non observé.

1 H	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	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn																				
19 K	20 Ca	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	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						
37 Rb	38 Sr	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe	71 Lu	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	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	121 - 138 no					
55 Cs	56 Ba	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn	103 Lr	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 X?	139 no	140 no	141 no	142 no	143 no	144 no	145 no	146 no	147 no	148 no	149 no	150 no	151 no	152 no	...					
87 Fr	88 Ra	113 X?	114 X?	115 X?	116 X?	117 no	118 no	153 no	154 no	155 no	156 no	157 no	158 no	159 no	160 no	161 no	162 no	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...																																				