

PAUL SABATIER

Sur la classification des corps simples par la loi périodique

Annales de la faculté des sciences de Toulouse 1^{re} série, tome 4, n° 1 (1890), p. B1-B14

[<http://www.numdam.org/item?id=AFST_1890_1_4_1_B1_0>](http://www.numdam.org/item?id=AFST_1890_1_4_1_B1_0)

© Université Paul Sabatier, 1890, tous droits réservés.

L'accès aux archives de la revue « Annales de la faculté des sciences de Toulouse » (<http://picard.ups-tlse.fr/~annales/>) implique l'accord avec les conditions générales d'utilisation (<http://www.numdam.org/conditions>). Toute utilisation commerciale ou impression systématique est constitutive d'une infraction pénale. Toute copie ou impression de ce fichier doit contenir la présente mention de copyright.

NUMDAM


Article numérisé dans le cadre du programme
Numérisation de documents anciens mathématiques
<http://www.numdam.org/>

SUR LA

CLASSIFICATION DES CORPS SIMPLES

PAR LA LOI PÉRIODIQUE;

PAR M. PAUL SABATIER,
Professeur de Chimie à la Faculté des Sciences de Toulouse.



Les observations de Mendeleeff, appuyées par celles de Lothar Meyer, ont montré que les diverses propriétés des corps simples sont des fonctions périodiques de leurs poids atomiques.

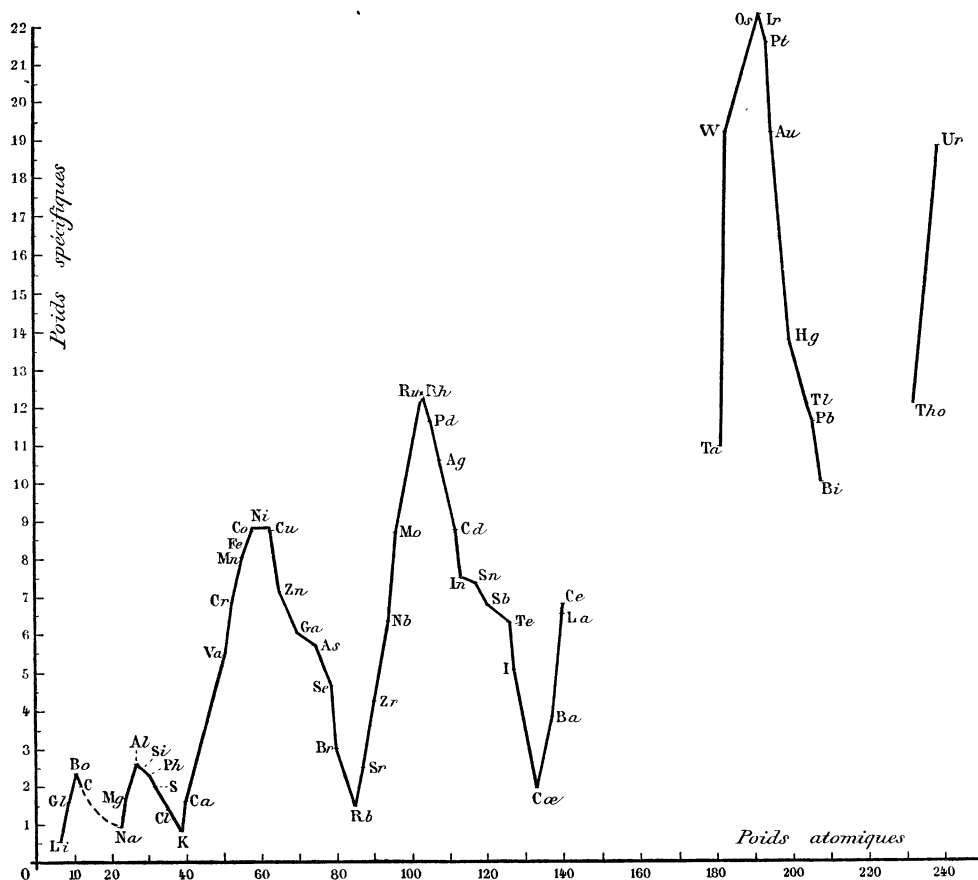
Lorsqu'on range, par ordre de grandeur, les poids atomiques des éléments, on reconnaît que les caractères physiques et chimiques, densité, fusibilité, volatilité, conductibilité, malléabilité, dureté, magnétisme, signe électrochimique, capacité de saturation dans la molécule, éprouvent une variation périodique : si la représentation se fait par mode graphique, en prenant pour abscisses les poids atomiques, elle donne lieu à des courbes très variées, mais ayant toutes la forme oscillatoire caractérisée par une succession de maxima et minima très nets ⁽¹⁾. Ces maxima et minima changent d'une courbe à l'autre; bien plus, on voit que, dans quelques courbes, l'amplitude de certaines oscillations est double de ce qu'elle est dans les autres, ce qui conduit à la notion des grandes et petites périodes.

Le mode le plus usité dans l'enseignement pour manifester la loi de périodicité, consiste dans la figuration graphique des *volumes atomiques*, c'est-à-dire des volumes occupés dans l'état solide par les poids atomiques des éléments successifs : on obtient ainsi la courbe dite *de Lothar Meyer*, qui présente cinq maxima très visibles correspondant aux métaux alcalins.

⁽¹⁾ Les chaleurs spécifiques, comparées dans l'état solide, n'ont pas une variation périodique, mais décroissent continuellement quand le poids atomique s'élève : d'après la loi de Dulong et Petit, la courbe qui les représente est une hyperbole équilatère, $pc = \text{constante}$.

Courbe des densités. — Je me suis servi plus volontiers de la courbe des poids spécifiques (solides ou, à défaut, liquides), car l'emploi de cette donnée physique immédiate et familière conduit à des résultats encore plus marqués. La nature de ses variations est visiblement analogue, mais inverse, de celle des volumes atomiques, les maxima de ces derniers se trouvant être précisément les minima de la courbe des densités. Celle-ci a été figurée ci-dessous (*fig. 1*) :

Fig. 1.



On voit qu'il existe des maxima pour le bore, l'aluminium, le nickel, le cuivre, le ruthénium, l'osmium. Les métaux alcalins, lithium, sodium, potassium, rubidium, césium, occupent les minima de la courbe.

Le corps principal de la courbe est suivi de deux branches isolées dont les relations avec la courbe d'ensemble sont aisées à rétablir. Entre le lanthane et le cérium d'une part, et le tantale et le tungstène d'autre part, il

existe une lacune étendue qui, d'après la forme des arcs voisins, comprendrait sans doute un maximum et un minimum.

Entre le plomb et le bismuth et le petit arc qui contient le thorium et l'urane, il y a visiblement la place d'un arc possédant un minimum, dont les analogies permettraient facilement d'indiquer la position et la valeur. Nous aurons plus loin à revenir sur ce sujet.

Aux deux premières périodes, accusées par la variation des densités ou des volumes atomiques, correspondent des périodes semblables pour la variation des diverses propriétés physiques et chimiques.

A chacune des périodes suivantes, qui comprennent d'ailleurs un plus grand nombre d'éléments, correspond aussi une période pour la fusibilité et la volatilité; mais il en correspond deux pour les autres propriétés, malléabilité et dureté, conductibilité, signe électrochimique, capacité chimique de saturation, et cette circonstance établit une division dans chacune de ces grandes périodes.

Principes de la classification. — La périodicité, manifestée de manières si diverses, ne saurait être niée, et, puisqu'elle est réelle, il est impossible de n'en pas tenir un grand compte : il semble donc tout indiqué d'en faire la base de la classification des corps simples, qui sera ainsi visiblement naturelle. Il se trouve d'ailleurs que toutes les familles naturelles, déjà reconnues par tous les chimistes, par exemple les trois premières familles de métalloïdes instituées par Dumas, sont mises en évidence par la loi périodique.

Dans mes Leçons à la Faculté, je me sers de la classification périodique, et les avantages m'ont paru fort appréciés par les étudiants, qui acceptent beaucoup mieux la monographie des éléments ainsi groupés d'une manière rationnelle et un peu inattendue.

Voici quelles bases j'ai choisies pour établir cette classification et la rendre en quelque sorte visible dans son ensemble par une construction graphique très simple.

Il est possible de définir pour chaque corps simple sa *valence* maxima par rapport à l'hydrogène ou par rapport à des résidus hydrocarbonés monovalents, tels que les résidus forméniques $C^n H^{2n+1}$, ou tout au moins, à défaut de la notion précédente, on peut fixer sa valence maxima par rapport à l'oxygène. La grandeur de ces valences se trouvera très bien établie toutes les fois qu'il existera des composés volatils saturés, stables à température élevée, dont le poids moléculaire peut, par conséquent, donner lieu à des déterminations directes.

Le Tableau suivant indique, pour les divers éléments, leur valence maxima par rapport à l'hydrogène, celle par rapport à des résidus hydrocarbonés monovalents, enfin celle vis-à-vis de l'oxygène. A titre de renseignements utiles, nous avons inscrit, dans une dernière colonne, les valences maxima relatives au chlore, considéré seul ou en relation avec des résidus hydrocarbonés. Un grand nombre de notes explicatives, fournissent sur certains de ces résultats des indications essentielles.

Corps simples.	Poids atomique.	Grandeur de la valence maxima vis-à-vis de			
		H.	Résidu hydrocarboné.	O.	Cl seul ou avec résidu hydrocarboné.
Lithium.....	7	»	1	1	1
Glucinium.....	9	»	2	2	2
Bore.....	11	»	3	3	3
Carbone.....	12	4	4	4	4
Azote (¹).....	14	3	3	5	5
Oxygène.....	16	2		»	»
Fluor.....	19	1		»	»
Sodium.....	23	»	1	1	1
Magnésium.....	24	»	2	2	2
Aluminium.....	27	»	3 (²)	3	3 (³)
Silicium.....	28	4	4	4	4
Phosphore.....	31	3	3 (⁴)	5	5
Soufre.....	32	2	2 (⁵)	6	4
Chlore.....	35,5	1	1	7	»
Potassium.....	39	»	1	1	1
Calcium.....	40	»	»	2	2
Scandium (⁶)....	44	»	»	3	3
Titane.....	48	»	»	4	4
Vanadium.....	51	»	»	5	5

(¹) Avec le chlore seul, on ne dépasse pas AzCl_3 , non plus qu'avec H seul, ou avec des résidus forméniques, on ne peut aller au delà de AzR^3 , mais on obtient normalement les composés AzR^4Cl .

(²) La molécule de l'aluminium-méthyle est bien $\text{Al}(\text{CH}_3)_3$ d'après Quincke. La trivalence a été encore mieux établie par le travail de Combes (*Bulletin de la Société chimique*, t. I, 1889), qui a obtenu le corps $\text{Al}(\text{CH}_2-\text{CO}-\text{CH}_2-\text{CO}-\text{CH}_3)_3$ qui bout à 315° sans décomposition (densité trouvée, 8,43; calculée, 8,47).

(³) La molécule du chlorure d'aluminium est à température peu élevée représentée par Al_2Cl_6 , ce qui conduirait à la tétravalence; mais la densité de vapeur diminue quand la température s'élève, et ne se fixe que lorsqu'elle correspond au poids moléculaire réel AlCl_3 .

(⁴) On ne peut dépasser PhR^3 ; mais on peut avoir des corps du type PhR^4I .

(⁵) Avec les résidus hydrocarbonés employés seuls, on ne peut aller au delà du type R^2S , comme le sulfure d'éthyle $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{S}$, mais on peut préparer des corps mixtes du type R^3IS .

(⁶) Métal découvert par Nilson en 1879, et prévu antérieurement par Mendeleeff.

Corps simples.	Poids atomique.	Grandeur de la valence maxima vis-à-vis de			
		H.	Résidu hydrocarboné.	O.	Cl seul ou avec résidu hydrocarboné.
Chrome	52,5	»	2 ⁽¹⁾	6	4
Manganèse.....	55	»	»	7	4
{ Fer.....	56	»	»	6	4
{ Cobalt.....	56	»	»	6	4
{ Nickel.....	58,5	»	»	4	2
Cuivre ⁽²⁾	63	»	1 ⁽¹⁾	1-2	1-2
Zinc.....	65	»	2	2	2
Gallium.....	70	»	3	3	3
Germanium ⁽³⁾ ..	72	»	4	4	4
Arsenic	75	3	3 ⁽⁴⁾	5	5 ⁽⁵⁾
Sélénium.....	79	2	2	6	4 ⁽⁶⁾
Brome.....	80	1	1	7	3
Rubidium	85	»	1	1	1
Strontium.....	87	»	»	2	2
Yttrium.....	89	»	»	3	3
Zirconium.....	90	»	»	4	4
Niobium.....	94	»	»	5	5
Molybdène.....	96	»	»	6	5
{ Ruthénium.....	103,5	»	»	8	4
{ Rhodium.....	104	»	»	6	4
{ Palladium.....	106	»	»	4	4
Argent.....	108	»	1 ⁽⁷⁾	1	1
Cadmium.....	112	»	2	2	2
Indium.....	113	»	3	3	3
Étain.....	117	»	4	4	4
Antimoine.....	120	3	3 ⁽⁸⁾	5	5
Tellure.....	126	2	2	6	4 ⁽⁹⁾

(1) Dans les combinaisons avec les carbures acétyléniques.

(2) Le cuivre donne deux séries complètes de composés, les uns dus à la monovalence, les autres à la bivalence.

(3) Métal découvert par Winkler en 1885, prévu par Mendeleeff.

(4) On aurait pu obtenir également le composé $(\text{CH}^3)^5\text{As}$, mais ce résultat est contestable, le corps obtenu ne pouvant être volatilisé sans décomposition. Normalement on ne dépasse pas AsR^3 , mais avec les halogènes on peut préparer des produits du type AsR^4I ou AsRCl^4 .

(5) Avec le chlore seul on ne dépasse pas AsCl^3 .

(6) On a préparé SeCl^4 et aussi $\text{Se}(\text{C}^2\text{H}^5)^2\text{Cl}^2$, et analogues, mais avec les résidus forméniques seuls, on n'a pu dépasser le type SeR^2 .

(7) Dans les combinaisons acétyléniques.

(8) Normalement, on ne dépasse pas SbR^3 , mais on peut préparer des corps du type SbR^4Cl .

(9) On a préparé TeCl^4 et aussi $\text{Te}(\text{C}^2\text{H}^5)^2\text{Cl}^2$ et $\text{Te}(\text{CH}^3)^3\text{I}$; mais avec les résidus forméniques seuls on ne dépasse pas TeR^2 .

Corps simples.	Poids atomique.	Grandeur de la valence maxima vis-à-vis de			
		H.	Résidu hydrocarboné.	O.	Cl seul ou avec résidu hydrocarboné.
Iode.....	127	1	1	7	3 ⁽¹⁾
Césium.....	133	»	1	1	1
Baryum.....	137	»	»	2	2
Lanthane.....	138	»	»	3	3
Cérium ⁽²⁾	140	»	»	4	3
Didyme.....	142	»	»	3	3
Samarium.....	150	»	»	3	3
Holmium.....	160?	»	»	3	3
Terbium.....	163?	»	»	3	3
Erbium.....	166	»	»	3	3
Décipium.....	170	»	»	3	3
Ytterbium.....	172	»	»	3	3
Tantale.....	182	»	»	5	5
Tungstène.....	184	»	»	6	6 ⁽³⁾
Osmium.....	195	»	»	8 ⁽⁴⁾	6
Iridium.....	195	»	»	6	4
Platine.....	195	»	»	4	4
Or ⁽⁵⁾	196	»	1 ⁽⁶⁾	1-3	1-3
Mercure ⁽⁷⁾	200	»	2	1-2	1-2
Thallium ⁽⁸⁾	204	»	3	1-3	1-3
Plomb ⁽⁹⁾	206	»	4 ⁽¹⁰⁾	2-4	2-4
Bismuth.....	208	»	3	5	3
Thorium.....	232	»	»	4	4
Urane.....	240	»	»	6	6

(1) Dans le trichlorure d'iode.

(2) Le cérium forme deux séries de composés: les uns dus à la tétravalence, les autres dus à la trivalence; ces derniers sont analogues des composés des divers métaux de la gadolinite.

(3) La densité de vapeur du perchlorure de tungstène indique le poids moléculaire $W Cl^6$. On n'a obtenu aucune combinaison avec des résidus forméniques seuls, mais on a préparé $(CH^3)^4W Cl^2$.

(4) La densité de vapeur de l'anhydride osmique correspond bien au poids moléculaire OsO^4 .

(5) L'or donne deux séries distinctes de composés: les aureux dus à la monovalence, les auriques dus à la trivalence.

(6) Dans les combinaisons acétyléniques.

(7) Le mercure donne deux séries de composés dus à la monovalence et à la bivalence.

(8) Les composés thalleux sont dus à la monovalence et ressemblent beaucoup aux composés des alcalis monovalents. Les combinaisons thalliques sont issues de la trivalence.

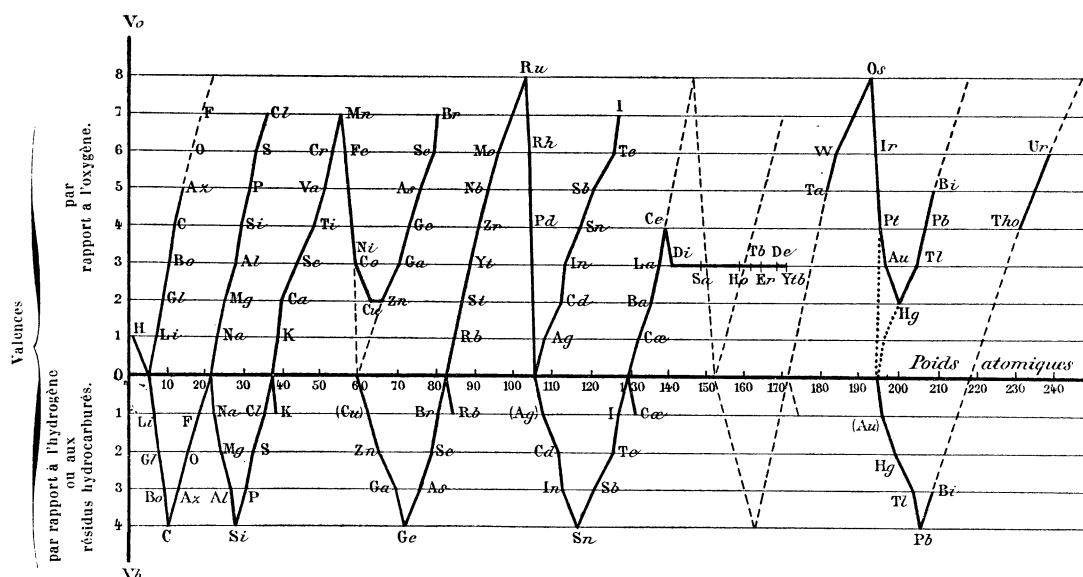
(9) La plupart des sels de plomb proviennent de sa bivalence.

(10) Dans le plomb tétraméthyle $(CH^3)^4Pb$, qui bout à 110° et le plomb tétréthyle $(C^2H^5)^4Pb$ qui bout à 200°.

Valences maxima par rapport à l'oxygène. — On voit qu'il est possible de caractériser pour tous les éléments simples (sauf le fluor et l'oxygène) la valence maxima par rapport à l'oxygène : cette valeur éprouve des variations périodiques très régulières qui la font osciller entre 1 et 8. On peut en donner une représentation graphique, en prenant pour abscisses les poids atomiques et pour ordonnées les valeurs de la valence maxima relative à l'oxygène, V_o .

On obtient ainsi une série de points qui, réunis par une courbe continue, donnent lieu à un tracé régulier (*fig. 2*). Ce tracé se compose de dix

Fig. 2.



branches ou fractions de branches, à peu près parallèles. Les deux premières :

Li-Az ⁽¹⁾,
Na-Cl,

sont visiblement isolées, et il existe une transition brusque entre la valence maxima 7 du chlore et la valence 1 du corps suivant, le potassium.

Les branches qui viennent au delà paraissent réunies deux à deux par l'intermédiaire de branches secondaires peu inclinées, qui établissent un

(¹) Éventuellement complétée par l'oxygène et le fluor.

passage de la valeur maxima 7 ou 8 d'une branche principale à la valeur minima de la branche principale suivante. Telles sont :

Fe-Ni-Co,	qui relie	Mn à Cu,
Rh-Pd,	»	Ru à Ag,
Ir-Pt,	»	Os à Au.

Si l'on se reporte à la courbe des densités (*fig. 1*), on remarque que les deux premières dentelures de cette courbe correspondent précisément aux deux premières branches verticales. Les grandes périodes qui suivent se trouvent ici représentées par les séries successives de trois branches réunies ensemble, les maxima des densités étant en regard des branches secondaires Mn-Cu, Ru-Pd, Os-Au.

Une seule irrégularité nous apparaît dans le tracé, c'est la série de points fournis par un certain nombre de métaux très rares compris entre le cérium et le tantale. Ce sont le didyme, le samarium, l'holmium, le terbium, l'erbium, le décipium, l'ytterbium. On les trouve à côté du scandium, de l'yttrium, du lanthane, du cérium, dans quelques minéraux peu répandus, tels que la gadolinite et la célite : ils sont rapprochés de ces autres métaux, non seulement par leur origine commune, mais encore par l'analogie étroite de leurs propriétés, qui conduit à leur attribuer une valence identique 3 ⁽¹⁾.

La plupart donnent des sels incolores, mais le didyme, le samarium, l'holmium, l'erbium fournissent des sels colorés, dont les solutions donnent lieu à des spectres d'absorption à bandes très nettes.

M. Nordenskiöld a observé que le mélange de différents oxydes de cette série, retiré de certains minerais, possède un équivalent invariable, ce qui pourrait tout d'abord faire croire à l'existence d'un métal unique correspondant à cet équivalent. Cette particularité ne saurait être fortuite, et il pourrait se faire que parmi tous ces métaux rares admis aujourd'hui comme distincts, plusieurs ne soient, par exemple, que des mélanges invariables de deux métaux ayant des poids atomiques extrêmes. La séparation du didyme en deux métaux distincts, le praséodidyme à sels verts, le néodidyme à sels roses, qui aurait été réalisée par Auer von Welsbach, pourrait être un argument en faveur de ces hypothèses. Quoi qu'il en soit, la série de ces

⁽¹⁾ Le cérium donne lieu à une série de composés dus à la trivalence, analogues à ceux des métaux voisins, en même temps qu'il fournit une série comparable à celle du thorium et du zirconium.

métaux constitue un groupe isolé, dont l'histoire ne peut être séparée de celle des chefs de file, scandium, yttrium, lanthane.

Valences par rapport à l'hydrogène et aux résidus hydrocarbonés. —

La valence V_H relative à l'hydrogène ne peut être établie que pour un petit nombre d'éléments, qui se trouvent placés à la fin des périodes que nous a révélées la valence par rapport à l'oxygène. Pour tous ces corps, on peut remarquer que

$$V_0 \geq 4$$

et

$$V_H = 8 - V_0.$$

Pour un plus grand nombre d'éléments, on peut obtenir avec des résidus forméniques monovalents des combinaisons volatiles sans décomposition, et par conséquent très aptes à fixer la valence de l'élément.

Quand l'hydrure existe aussi, on trouve que la valence V_H par rapport à l'hydrogène est égale à la valence V_R par rapport aux résidus hydrocarbonés considérés seuls; on a alors

$$V_R = V_H.$$

D'une manière générale, on voit que

$$\begin{array}{ll} \text{Lorsque } V_0 \leq 4, & V_R = V_0, \\ \text{Lorsque } V_0 > 4, & V_R = 8 - V_0. \end{array}$$

Valences maxima par rapport aux halogènes. — Quant à la valence maxima relative au chlore, au brome, à l'iode, éléments moins électronégatifs que l'oxygène, on remarquera que, lorsque $V_0 \leq 4$, on a

$$V_{Cl} = V_0 = V_R.$$

La valence a alors une valeur constante.

Au contraire, lorsque $V_0 > 4$, on voit que V_{Cl} est intermédiaire entre V_0 et V_R , ou bien égal à V_0 .

Dans les combinaisons mixtes qui contiennent à la fois du chlore et des résidus hydrocarbonés monovalents, la valence des éléments est analogue à ce qu'elle est pour le chlore seul. Le plus souvent :

$$\begin{array}{ll} \text{Quand } V_0 \leq 5 & \text{on a } V_{R\ Cl} = V_0, \\ \text{» } V_0 = 6 & \text{» } V_{R\ Cl} = 4. \end{array}$$

Représentation graphique. — Nous compléterons la *fig.* 2 en représentant, à côté des valences V_0 , les valeurs des valences V_R ; mais, pour éviter la confusion, nous les porterons en ordonnées négatives.

Nous formons ainsi cinq dentelures régulières, dont deux correspondent aux deux premières branches principales de la valence V_0 , les autres correspondent seulement à la quatrième, puis à la sixième, c'est-à-dire à la dernière branche de chaque période complète ultérieure.

Ceci met fort bien en évidence l'inégalité des diverses branches de la variation de V_0 : il y en a deux catégories distinctes, celles à qui correspond une branche de V_R , celles à qui il n'en correspond pas.

Les premières sont :

Li,	Gl,	Bo,	C,	Az,	O,	Fl,
Na,	Mg,	Al,	Si,	P,	S,	Cl
K,						
(Cu),	Zn,	Ga,	Ge,	As,	Se,	Br,
Rb,						
(Ag),	Cd,	In,	Sn,	Sb,	Te,	I,
Cœ,						
(Au),	Hg,	Tl,	Pb,	Bi.		

Pour le cuivre, l'argent et l'or, il n'existe pas de véritable combinaison avec les résidus hydrocarbonés; néanmoins on peut, jusqu'à un certain point, caractériser V_R par les composés acétyléniques issus des sels cuivreux, argentiques, aureux.

Pour le potassium, au contraire, et, par analogie étroite, pour le rubidium et le césium, il existe des combinaisons avec des résidus forméniques, comme pour le sodium et le lithium, et cette remarque rapprochée de la précédente conduirait à considérer comme séries analogues des deux premières, non pas

Cu,	Zn,	Ga,	Ge,	As,	Se,	Br,
Ag,	Cd,	In,	Sn,	Sb,	Te,	I,

mais

K.....	Zn,	Ga,	Ge,	As,	Se,	Br
Rb.....	Cd,	In,	Sn,	Sb,	Te,	I,

K et Zn, Rb et Cd se trouvant séparés par des groupes d'éléments inaptes à la combinaison avec les résidus forméniques, qui se terminent respectivement par le cuivre, l'argent, etc., où l'aptitude ne reparait que d'une façon incomplète.

Dans chacune de ces séries le caractère électronégatif, nul au début (pour les métaux alcalins), s'introduit progressivement dès le second terme, et devient très élevé dans les derniers corps qui présentent au plus haut degré les caractères métalloïdiques.

D'ailleurs, cette première catégorie comprend tous les éléments désignés habituellement sous le nom de *métalloïdes* ⁽¹⁾ et qu'on peut, avec Ampère, caractériser par la propriété qu'ils possèdent seuls de donner des combinaisons gazeuses à la température ordinaire. Leurs symboles sont soulignés dans le Tableau ci-dessus, et le groupe qu'ils forment apparaît ainsi bien homogène.

La deuxième catégorie contient les séries de corps auxquelles ne correspond pas de branche V_R . Ce sont, avec l'indication des valences maxima V_0 correspondantes,

2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	6.	4.		
Ca,	Sc,	Ti,	<u>Va</u> ,	<u>Cr</u> ,	<u>Mn</u> ,	»	<u>Fe</u> ,	<u>Ni</u> ,	<u>Co</u> ,	(<u>Cu</u>),
St,	Yt,	Zr,	Nb,	<u>Mo</u> ,	»	<u>Ru</u> ,	<u>Rh</u> ,	<u>Pd</u> ,	»	(Ag),
Ba,	La,	Ce,	»	»	»	»	»	»	»	»
»	»	»	Ta,	W,	»	<u>Os</u> ,	<u>Ir</u> ,	<u>Pt</u> ,	»	(<u>Au</u>).

Le cuivre, l'argent et l'or forment la transition avec le premier groupe.

Dans ces quatre séries, le caractère demeure constamment métallique et électropositif, mais les valences élevées donnent lieu à des peroxydes de fonction électronégative très marquée.

Nous y trouvons tous les éléments qui donnent, avec les acides incolores, des *sels colorés* : ce sont ceux qui sont soulignés d'un double trait.

Classification en familles naturelles. — Nous avons été conduits, dans ce qui précède, à diviser les corps simples en deux grands groupes, comprenant chacun plusieurs séries.

Dans chaque série d'un même groupe, la variation régulière de la va-

⁽¹⁾ Sauf l'hydrogène qui a une place isolée.

lence correspond à une variation également régulière des diverses propriétés physiques et chimiques.

Par suite, les corps de même valence, pris dans les diverses séries d'un même groupe, se trouveront être analogues dans l'ensemble de leurs caractères.

On formera donc des familles naturelles en rapprochant les corps qui occupent des point semblables de branches semblables.

En accordant à l'hydrogène une place spéciale, nous aurons ainsi la succession suivante de familles naturelles.

Rang.	Familles.	Caractères électrochimiques.	V _R .	V ₀ .	Valences simultanées importantes par rapport à O.
1	H.	Électropositif.	1	1	»
2	Fl, Cl, Br, I.	Très électronégatifs.	1	7	5
3	O, S, Se, Te.	Très électronégatifs.	2	6	4
4	Az, Ph, As, Sb, Bi. ...	Électronégatifs.	3	5	3
5	C, Si, Ge, Sn, Pb. ...	Peroxydes électronégatifs.	4	4	2
6	Bo, Al, Ga, In, Tl. ...	Caractère mixte, plutôt électropositif (sauf pour Bo) ...	3	3	1 pour Tl.
7	Gf, Mg, Zn, Cd, Hg.	Électropositifs avec caractère mixte. ...	2	2	1 pour Hg.
8	Li, Na, K, Rb, Cœ. .	Très électropositifs. .	1	1	
9	Ca, St, Ba.	Id.	»	2	
10	Sc, Yt, La, Di et autres métaux de la gadolinite.	Électropositifs.	»	3	
11	Ti, Zr, Ce, Th.	Caractère mixte.	»	4	3 pour Ce.
12	Va, Nb, Ta.	Id.	»	5	
13	Cr, Mo, Tu.	Caractère mixte (peroxydes très électronégatifs).	»	6	2 et 3 pour Cr.
14	Mn, Fe, Co, Ni, (Cu).	Électropositifs.	»	»	
15	Ru, Rh, Pd.	Caractère mixte.	»	»	
16	Os, Ir, Pt, (Au)	Id.	»	»	
17	Cu, Ag, Au.	Électropositifs.	1	»	

Les familles 14, 15, 16 sont formées des corps très semblables entre eux, qui occupent les branches intermédiaires des trois grandes périodes. L'histoire des composés issus de la bivalence du cuivre sera avantageusement rapprochée de celle du manganèse, du fer, du cobalt, du nickel, métaux voisins.

De même, celle des combinaisons qui proviennent de la trivalence de

l'or viendra utilement avec celle des métaux qui précèdent, osmium, iridium, platine.

Les trois éléments de transition, cuivre, argent, or, qui forment la famille 17, sont surtout rapprochés par la monovalence qu'ils manifestent de la même façon vis-à-vis des carbures acétyléniques : cette monovalence coexiste pour le cuivre avec la bivalence qui le rapproche du nickel et du zinc ; pour l'or, avec la trivalence qui le rapproche de l'iridium, mais elle est la seule pour l'argent.

Tous les *métalloïdes* se trouvent groupés en tête de ce Tableau ; ils forment les trois premières familles et le commencement des trois qui suivent.

Parmi les familles ainsi déduites de la loi périodique, plusieurs avaient déjà été formées d'après les analogies des éléments qui les composent, par exemple les familles 2, 3, 4, 8, 9, 14. Mais, au contraire, dans plusieurs, on voit figurer des corps qui jadis étaient considérés comme très dissemblables. La classification nouvelle a obligé à des rapprochements inattendus, et ainsi a révélé des similitudes qu'on n'avait pas soupçonnées. Elle n'est certainement pas parfaite ; mais, telle qu'elle est, elle nous semble néanmoins meilleure que les classifications semi-naturelles, semi-artificielles, dont l'usage a prévalu jusqu'à présent.

Lacunes du tableau des corps simples. — La série des corps simples était moins nombreuse quand Mendeleeff énonça le principe de la périodicité : trois corps nouveaux, découverts depuis cette époque, sont venus occuper des lacunes qui s'y trouvaient, et apporter ainsi une éclatante confirmation des prévisions du savant russe qui, guidé par les analogies, avait pu prédire non seulement leurs poids atomiques, mais encore quelques-unes de leurs propriétés essentielles. Ce sont : le gallium, trouvé par M. Lecoq de Boisbaudran en 1875 ; le scandium isolé en 1879 par Nilson ; le germanium, découvert en 1885 par Winkler.

Quelques lacunes évidentes subsistent encore, et il y a tout lieu de prévoir qu'elles finiront aussi par être comblées (¹).

Entre le cérium et le tantale, l'examen des diverses courbes qui figurent

(¹) Il y aurait sans doute deux éléments semblables au manganèse, c'est-à-dire heptavalents par rapport à l'oxygène, dont les poids atomiques seraient voisins de 100 et de 190. Entre le bismuth et l'urane, il manque un corps de la famille du soufre (212), du chlore (215), du potassium (222), du calcium (226), du scandium (228), du vanadium (235).

la périodicité amène à penser qu'il existe une période complète de dix-sept éléments inconnus (nous l'avons figurée en pointillé dans la *fig. 2*). Il y a bien, dans cet intervalle, la pléiade plus ou moins réelle des métaux issus des terres rares, satellites du lanthane et du cérium; mais ces métaux, qui sont très semblables entre eux, ne pourraient visiblement s'adapter au trajet d'une grande période.

La lacune prévue existe-t-elle réellement, ou bien le groupe de la gadolinite a-t-il seulement pour effet de diffuser, pour ainsi dire, la transition du lanthane au tantale? L'avenir seul nous renseignera sur ce point. La réalité de la période complète ne se trouvera établie que le jour où un nouveau métal alcalin ou alcalinoterreux, ou bien un élément halogène, par exemple, aura été découvert dans l'intervalle douteux.

La variation périodique des propriétés des corps simples est certainement un puissant argument en faveur d'une matière unique diversement condensée; elle indiquerait seulement que cette condensation a lieu selon une oscillation assez régulière. Nous n'apercevons pas pourquoi, s'il en est ainsi, cette régularité n'est pas parfaite. Néanmoins, telle qu'elle est, avec ses imperfections et ses obscurités, la loi périodique ne saurait être négligée, et elle nous paraît devoir être la base de toute classification rationnelle des éléments.

